

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(7/5)

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 2 月 1 8 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 3 9 4 8 0
Application Number:

[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 3 9 4 8 0]

出 願 人 オ リ ン パ ス 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 1 0 1 5 1 3

【書類名】 特許願

【整理番号】 03P00057

【提出日】 平成15年 2月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 13/00

【発明者】

【住所又は居所】 長野県岡谷市長地柴宮 3 丁目 1 5 番 1 号
オリンパスオプトテクノロジー株式会社内

【氏名】 加茂 裕二

【特許出願人】

【識別番号】 000000376

【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097777

【弁理士】

【氏名又は名称】 荏澤 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100088041

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部龍吉

【選任した代理人】

【識別番号】 100092495

【弁理士】

【氏名又は名称】 蛭川昌信

【選任した代理人】

【識別番号】 100092509

【弁理士】

【氏名又は名称】 白井博樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100095120

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 亘彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100095980

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅井 英雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100094787

【弁理士】

【氏名又は名称】 青木 健二

【選任した代理人】

【識別番号】 100091971

【弁理士】

【氏名又は名称】 米澤 明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014960

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9102411

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 結像光学系及びそれを用いた撮像装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体側から順に、明るさ絞り、像側に凸面を向けた第 1 正メニスカスレンズ、第 2 負レンズ、第 3 正レンズの順に配置され、次の条件式を満たすことを特徴とする結像光学系。

$$0.1 < f_1 / f < 0.55 \quad \dots (1)$$

ただし、 f_1 は第 1 正レンズの焦点距離、 f は全系の焦点距離である。

【請求項 2】 次の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 記載の結像光学系。

$$0.2 < f_1 / f < 0.5 \quad \dots (1-1)$$

【請求項 3】 物体側から順に、明るさ絞り、像側に凸面を向けた第 1 正メニスカスレンズ、第 2 負レンズ、第 3 正レンズの順に配置され、次の条件式を満たすことを特徴とする結像光学系。

$$1.0 < (r_{1f} + r_{1r}) / (r_{1f} - r_{1r}) < 1.7 \quad \dots (2)$$

ただし、 r_{1f} は第 1 正レンズの物体側面の光軸上曲率半径、 r_{1r} は第 1 正レンズの像側面の光軸上曲率半径である。

【請求項 4】 次の条件式を満たすことを特徴とする請求項 3 記載の結像光学系。

$$1.1 < (r_{1f} + r_{1r}) / (r_{1f} - r_{1r}) < 1.5 \quad \dots (2-1)$$

【請求項 5】 請求項 1 から 4 の何れか 1 項において、次の条件式を満たすことを特徴とする結像光学系。

$$0.1 < f_1 / f_3 < 0.8 \quad \dots (3)$$

ただし、 f_1 は第 1 レンズの焦点距離、 f_3 は第 3 レンズの焦点距離である。

【請求項 6】 次の条件式を満たすことを特徴とする請求項 5 記載の結像光学系。

$$0.15 < f_1 / f_3 < 0.7 \quad \dots (3-1)$$

【請求項 7】 請求項 1 から 6 の何れか 1 項において、次の条件式を満たすことを特徴とする結像光学系。

$$1. \quad 0 < f_{1-2} / f < 4.0 \quad \dots (4)$$

ただし、 f_{1-2} は第1レンズ、第2レンズの合成焦点距離、 f は全系の焦点距離である。

【請求項8】 次の条件式を満たすことを特徴とする請求項7記載の結像光学系。

$$1. \quad 5 < f_{1-2} / f < 2.7 \quad \dots (4-1)$$

【請求項9】 請求項1から8の何れか1項において、次の条件式を満たすことを特徴とする結像光学系。

$$-0.75 < f_2 / I_h < -0.1 \quad \dots (5)$$

ただし、 f_2 は第2負レンズの焦点距離、 I_h は最大像高である。

【請求項10】 次の条件式を満たすことを特徴とする請求項9記載の結像光学系。

$$-0.65 < f_2 / I_h < -0.25 \quad \dots (5-1)$$

【請求項11】 請求項1から10の何れか1項において、次の条件式を満たすことを特徴とする結像光学系。

$$-0.25 < r_{2r} / r_{1f} < -0.01 \quad \dots (6)$$

ただし、 r_{2r} は第2負レンズの像側面の光軸上曲率半径、 r_{1f} は第1正レンズの物体側面の光軸上曲率半径である。

【請求項12】 次の条件式を満たすことを特徴とする請求項11記載の結像光学系。

$$-0.20 < r_{2r} / r_{1f} < -0.02 \quad \dots (6-1)$$

【請求項13】 請求項1から12の何れか1項において、次の条件式を満たすことを特徴とする結像光学系。

$$0.01 < |(r_{1fs} + r_{1fa}) / (r_{1fs} - r_{1fa}) - 1| < 100 \quad \dots (7)$$

ただし、 r_{1fs} は第1正レンズの物体側面の光軸上曲率半径、 r_{1fa} は第1正レンズの物体側面の非球面を考慮した曲率半径の中の光学有効範囲内で光軸上曲率半径との差が最も変化したときの値である。

【請求項14】 次の条件式を満たすことを特徴とする請求項13記載の結

像光学系。

$$0.02 < |(r_{1fs} + r_{1fa}) / (r_{1fs} - r_{1fa}) - 1| < 10 \dots (7-1)$$

【請求項 15】 請求項 1 から 14 の何れか 1 項において、次の条件式を満たすことを特徴とする結像光学系。

$$0.01 < |(r_{1rs} + r_{1ra}) / (r_{1rs} - r_{1ra}) - 1| < 100 \dots (8)$$

ただし、 r_{1rs} は第 1 正レンズの像側面の光軸上曲率半径、 r_{1ra} は第 1 正レンズの像側面の非球面を考慮した曲率半径の中の光学有効範囲内で光軸上曲率半径との差が最も変化したときの値である。

【請求項 16】 次の条件式を満たすことを特徴とする請求項 15 記載の結像光学系。

$$0.02 < |(r_{1rs} + r_{1ra}) / (r_{1rs} - r_{1ra}) - 1| < 10 \dots (8-1)$$

【請求項 17】 請求項 1 から 16 の何れか 1 項において、次の条件式を満たすことを特徴とする結像光学系。

$$10^\circ < \alpha < 40^\circ \dots (9)$$

ただし、 α は最大像高における主光線の像面への入射角度である。

【請求項 18】 次の条件式を満たすことを特徴とする請求項 17 記載の結像光学系。

$$15^\circ < \alpha < 35^\circ \dots (9-1)$$

【請求項 19】 請求項 1 から 18 の何れか 1 項記載の結像光学系と、その像側に配された電子撮像素子を備えたことを特徴とする電子撮像装置。

【請求項 20】 半画角が 30° よりも大きく 50° よりも小さいことを特徴とする請求項 19 記載の電子撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、結像光学系とそれを用いた撮像装置に関するものであり、特に、C

ＣＤやＣＭＯＳ等の固体撮像素子等を用いたデジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、携帯電話や、パソコンに搭載される小型カメラ、監視カメラ等の撮像装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、銀塩フィルムに代わり、ＣＣＤやＣＭＯＳのような固体撮像素子を用いて被写体を撮影するようにした電子カメラが普及してきている。このような電子カメラの中、携帯型コンピュータや携帯電話等に搭載される撮像装置では、特に小型、軽量化が求められている。

【0003】

このような撮像装置に用いる結像光学系として、従来よりレンズ枚数を1枚若しくは2枚で構成したものがある。しかしながら、これらは、収差論で明らかに、像面湾曲が補正できず高い性能は望めないことは既に知られている。そのため、高性能を満たすには3枚以上のレンズで構成することが必要である。

【0004】

一方、ＣＣＤの場合、結像レンズ系から射出された軸外光束が像面に対して余りに大きな角度で入射すると、マイクロレンズの集光性能が十分に発揮されず、画像の明るさが画像中央部と画像周辺部で極端に変化するという問題が生じてしまう。そのため、ＣＣＤへの光線入射角、すなわち、射出瞳位置が設計上重要である。枚数の少ない光学系の場合には、明るさ絞りの位置が重要になる。

【0005】

これらの問題を考慮したものとして、フロント絞りのトリプレットタイプがあげられる。そのような結像レンズとして、特許文献1、特許文献2、特許文献3、特許文献4、特許文献5、特許文献6等で開示されている。

【0006】

【特許文献1】

特開平1-144007号公報

【0007】

【特許文献2】

特開平 2-191907 号公報

【0008】

【特許文献 3】

特開平 4-153612 号公報

【0009】

【特許文献 4】

特開平 5-188284 号公報

【0010】

【特許文献 5】

特開平 9-288235 号公報

【0011】

【特許文献 6】

特開 2001-75006 号公報

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、これらの先行例は、次に示すように様々な問題点があった。

【0013】

特許文献 1、特許文献 2、特許文献 3、特許文献 4、特許文献 5 では、第 1 正レンズは何れも両凸形状であるので、軸外光線のコマ収差、非点収差の補正が難しく、性能を十分に満たせなくなってしまうていた。また、そこに高屈折率のガラスを用いないと、光学性能を十分に満足させることができないので、低コスト化、軽量化を達成することも困難であった。

【0014】

特許文献 6 では、第 1 正レンズを像側に凸のメニスカス形状にすることにより広角化を達成している。しかしながら、全長は短いとは言えなかった。

【0015】

このように、何れの先行例も性能と大きさの点で問題があった。

【0016】

本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的

は、高性能化と小型化を同時に満たす結像光学系及びそれを用いた撮像装置を提供することである。

【0017】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明の第1の結像光学系は、物体側から順に、明るさ絞り、像側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、第2負レンズ、第3正レンズの順に配置され、次の条件式を満たすことを特徴とするものである。

【0018】

$$0.1 < f_1 / f < 0.55 \quad \dots (1)$$

ただし、 f_1 は第1正レンズの焦点距離、 f は全系の焦点距離である。

【0019】

本発明の第2の結像光学系は、物体側から順に、明るさ絞り、像側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、第2負レンズ、第3正レンズの順に配置され、次の条件式を満たすことを特徴とするものである。

【0020】

$$1.0 < (r_{1f} + r_{1r}) / (r_{1f} - r_{1r}) < 1.7 \quad \dots (2)$$

ただし、 r_{1f} は第1正レンズの物体側曲率半径、 r_{1r} は第1正レンズの像側曲率半径である。

【0021】

以下に、本発明において、上記のような構成をとる理由と作用を説明する。

【0022】

まず、レンズ枚数について説明する。本発明では、性能と小型化を考慮した結果、レンズ枚数を3枚で構成した。レンズ枚数を4枚以上にすればさらに性能が向上するのは明らかであるが、1枚レンズが増えることにより、レンズの厚さ、レンズの間隔、枠のスペースがそれだけ多くなり、大型化するのは避けられない。また、上記の従来技術の項で述べたように、2枚以下では像面湾曲が小さくならずかなり周辺性能は劣化する。3枚で構成するのが性能、大きさ共に最適である。

【0023】

次に、撮像素子である CCD への光線入射角を小さくするために、明るさ絞りを最も物体側に配置した。射出瞳位置を物体側に遠くなるようにレンズのパワーを構成すればよいが、枚数が少ないので明るさ絞りの位置を物体側に配置するのが最も効果的である。

【0024】

ここで、明るさ絞りを最も物体側に配置すると、絞りに対して一方にしかレンズがないので、光学設計には周辺性能であるディストーションと倍率色収差の補正が難しくなってくる。そのため、物体側より、正レンズ、負レンズ、正レンズと配置することにより、光線高の大きくなる第2レンズ、第3レンズに異符号のパワーを配置して補正している。なお、中心性能は、第1正レンズで発生する球面収差、軸上色収差を第2負レンズで補正し、画面全体の高性能化を達成している。

【0025】

本発明の目的である高性能化と小型化を達成するためには、次に説明するように第1レンズの構成が重要である。

【0026】

まず、高性能化のために、第1正レンズは像側に凸のメニスカス形状にする。これにより、きつい角度で入射する周辺光束を入射面の発散作用で緩い角度で射出させられるので、周辺性能であるコマ収差や像面湾曲を効果的に補正できる構成になる。ただし、第1正レンズは入射面が発散作用を持つので、射出面は強い収斂作用が必要になってくる。そのため、そのパワーを適切に設定しないと収差を良好に補正できない。

【0027】

一方、小型化のためには、焦点距離に対して主点を物体側に移動させる必要がある。本発明の結像光学系では実像を結ぶため、全系の焦点距離は正になる。そのため、2つの正レンズは収差補正の他に結像作用を担っている。この中、主点を物体側に移動させるには、第1正レンズの方に強い結像作用を持たせるのが効果的である。よって、第1正レンズの焦点距離が重要になってくる。すなわち、第1正レンズは次の条件式を満たす必要がある。

【0028】

$$0.1 < f_1 / f < 0.55 \quad \dots (1)$$

ただし、 f_1 は第1正レンズの焦点距離、 f は全系の焦点距離である。

【0029】

この条件式の上限の0.55を越えると、正のパワーが弱くなりすぎて小型化が図れなくなり、下限の0.1を越えると、正のパワーが強くなりすぎて高性能を満たせなくなってしまう。

【0030】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0031】

$$0.2 < f_1 / f < 0.5 \quad \dots (1-1)$$

同様に、本発明の目的である高性能化と小型化を達成するためには、第1正メニスカスレンズにおける形状も重要である。

【0032】

メニスカスレンズを構成する場合、レンズ面が凸面と凹面からなるため、各面の光学的作用は正パワーと負パワーになる。そのため、レンズに強いパワーを持たせると両面がパワーを打ち消しあってしまうため、一方の面には強いパワーの面が必要になる。本発明の第1正レンズの入射面に発散作用を持たせると、周辺性能に効果的ではあるが、その作用を強く出しすぎると、射出面のパワーが強くなりすぎてそこでの収差発生量が増えてしまい、性能が劣化したり、レンズ偏心等の製造誤差に対して弱くなってしまう。

【0033】

一方、像側に凸の正メニスカスレンズを構成すると、主点位置は像側に移動する。全長短縮のためには主点を物体側に移動するのが効果的であるので、双方の曲率半径を小さくしてメニスカスの効果を出しすぎると、小型化に反してしまう。よって、第1正メニスカスレンズは次の条件式を満たすのがよい。

【0034】

$$1.0 < (r_{1f} + r_{1r}) / (r_{1f} - r_{1r}) < 1.7 \quad \dots (2)$$

ただし、 r_{1f} は第1正レンズの物体側面の光軸上曲率半径、 r_{1r} は第1正レンズ

の像側面の光軸上曲率半径である。

【0035】

この条件式の上限の1.7を越えると、射出面の曲率半径が小さくなって性能が劣化するが全長が大きくなってしまい、下限の1.0を越えると、入射面の曲率半径が大きくなって画面周辺の性能が劣化してしまう。

【0036】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0037】

$$1.1 < (r_{1f} + r_{1r}) / (r_{1f} - r_{1r}) < 1.5 \quad \dots (2-1)$$

また、小型化を達成するためには、2つある正レンズの中の第1正レンズの方に強い正パワーを持たせるのがよい。そのため、次の条件式を満たすのがよい。

【0038】

$$0.1 < f_1 / f_3 < 0.8 \quad \dots (3)$$

ただし、 f_1 は第1レンズの焦点距離、 f_3 は第3レンズの焦点距離である。

【0039】

この条件式の上限の0.8を越えると、主点が像側に移動して全長が大きくなってしまい、下限の0.1を越えると、第1正レンズのパワーが強くなって収差発生量が大きくなり、また、第3正レンズのパワーが弱くなって収差補正効果が小さくなってしまい、何れも性能が劣化してしまう。

【0040】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0041】

$$0.15 < f_1 / f_3 < 0.7 \quad \dots (3-1)$$

さらに好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0042】

$$0.2 < f_1 / f_3 < 0.58 \quad \dots (3-2)$$

また、高性能化と小型化を達成するためには、第2負レンズの構成も重要になる。そのため、第1正レンズと第2負レンズの関係を表す次の条件式を満たすのがよい。

【0043】

$$1. 0 < f_{1-2} / f < 4.0 \quad \dots (5)$$

ただし、 f_{1-2} は第1レンズ、第2レンズの合成焦点距離、 f は全系の焦点距離である。

【0044】

この条件式の上限の4.0を越えると、光学系の主点が像側に移動して全長が大きくなってしまい、下限の1.0を越えると、第1正レンズに対して第2負レンズのパワーが弱くなりすぎて、第1正レンズの残存収差が補正し切れなくなって性能が劣化してしまう。

【0045】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0046】

$$1. 5 < f_{1-2} / f < 2.7 \quad \dots (5-1)$$

また、第2負レンズには、第1正レンズで残存する収差を補正する役割がある。そのため、このパワーを適切に設定しておかないと、効果的な収差補正ができなくなってしまう。そのため、次の条件式を満たすのがよい。

【0047】

$$-0.75 < f_2 / I_h < -0.1 \quad \dots (5)$$

ただし、 f_2 は第2負レンズの焦点距離、 I_h は最大像高である。

【0048】

この条件式の上限の-0.1を越えると、第2負レンズのパワーが強くなりすぎ補正過剰になってしまい、下限の-0.75を越えると、パワーが弱くなりすぎ補正不足になってしまい、共に性能が劣化する。

【0049】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0050】

$$-0.65 < f_2 / I_h < -0.25 \quad \dots (5-1)$$

また、正パワーの面で発生する収差を負パワーの面で補正しなければ高性能は満たせない。また、小型化のためには、収差を補正しながらも、そのパワーを適

切に配分する必要もある。よって、第1レンズの物体側の負パワーと第2レンズの像側の負パワーは、次の条件式を満たすのがよい。

【0051】

$$-0.25 < r_{2r} / r_{1f} < -0.01 \quad \dots (6)$$

ただし、 r_{2r} は第2負レンズの像側面の光軸上曲率半径、 r_{1f} は第1正レンズの物体側面の光軸上曲率半径である。

【0052】

この条件式の上限の -0.01 を越えると、第1レンズの入射面の方がパワーが強くなって全系の主点が像側に移動してしまうので、小型化に不利な構成になってしまい、下限の -0.25 を越えると、第1レンズの入射面のパワーが弱くなり軸外収差の補正が不十分になるか、第2レンズの射出面のパワーが強くなって、第1レンズでの残収差、特に球面収差、コマ収差の補正が過剰になってしまう。

【0053】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0054】

$$-0.20 < r_{2r} / r_{1f} < -0.02 \quad \dots (6-1)$$

また、第1正レンズの入射面は最も絞りに近いため、中心光束や周辺光束のあらゆる角度の光線が集まっている。すなわち、この面の収差発生を適切に補正しないと全画面の性能が劣化してしまう。そのため、第1正レンズの入射面を非球面で構成するのが望ましい。そのとき、次の条件式を満たすのがよい。

【0055】

$$0.01 < |(r_{1fs} + r_{1fa}) / (r_{1fs} - r_{1fa}) - 1| < 100 \quad \dots (7)$$

ただし、 r_{1fs} は第1正レンズの物体側面の光軸上曲率半径、 r_{1fa} は第1正レンズの物体側面の非球面を考慮した曲率半径 r_{ASP} の中の光学有効範囲内で光軸上曲率半径との差が最も変化したときの値である。

【0056】

ここで、非球面を考慮した曲率半径 r_{ASP} は、非球面定義式（面頂に接する接

平面から光軸進行方向を正としたときの形状の関数) を $f(y)$ としたとき、次の式で定義される。以下、同じ。

【0057】

$$r_{ASP} = y \cdot (1 + f'(y)^2)^{1/2} / f'(y)$$

ただし、 y は光軸からの高さ、 $f'(y)$ は $f(y)$ の一階微分とする。

【0058】

この条件式の上限の 100 を越えると、非球面効果が薄くなり全画面の性能が劣化してしまい、下限の 0.01 を越えると、非球面量が大きくなりすぎ加工性が悪くなってしまう。

【0059】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0060】

$$0.02 < |(r_{1fs} + r_{1fa}) / (r_{1fs} - r_{1fa}) - 1| < 10 \dots (7-1)$$

さらに好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0061】

$$0.05 < |(r_{1fs} + r_{1fa}) / (r_{1fs} - r_{1fa}) - 1| < 3 \dots (7-2)$$

また、第1正レンズの射出面は、メニスカスレンズの正パワーを維持するため強い曲率を持っている。そのため、この面の収差発生が大きくなりやすい。そのため、第1正レンズの射出面を非球面で構成するのが望ましい。そのとき、次の条件式を満たすのがよい。

【0062】

$$0.01 < |(r_{1rs} + r_{1ra}) / (r_{1rs} - r_{1ra}) - 1| < 100 \dots (8)$$

ただし、 r_{1rs} は第1正レンズの像側面の光軸上曲率半径、 r_{1ra} は第1正レンズの像側面の非球面を考慮した曲率半径の中の光学有効範囲内で光軸上曲率半径との差が最も変化したときの値である。

【0063】

この条件式の上限の100を越えると、非球面効果が薄くなって性能が劣化してしまい、下限の0.01を越えると、非球面量が大きくなりすぎ加工性が悪くなってしまう。

【0064】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0065】

$$0.02 < |(r_{1rs} + r_{1ra}) / (r_{1rs} - r_{1ra}) - 1| < 10 \quad \dots (8-1)$$

さらに好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0066】

$$0.05 < |(r_{1rs} + r_{1ra}) / (r_{1rs} - r_{1ra}) - 1| < 5 \quad \dots (8-2)$$

撮像素子にCCDを用いる場合、結像光学系から射出された軸外光束が像面に対して余りに大きな角度で入射すると、画像中央部と画像周辺部で画像の明るさが変化してしまう。一方、像面に対して小さい角度で入射させるとこの問題は軽減されるが、今度は光学系の全長が大きくなってしまう。そのため、次の条件式を満たすのがよい。

【0067】

$$10^\circ < \alpha < 40^\circ \quad \dots (9)$$

ただし、 α は最大像高における主光線の像面への入射角度である。

【0068】

この条件式の上限の40°を越えると、CCDへの入射角が大きくなりすぎ画像周辺部の明るさが低下してしまい、下限の10°を越えると、全長が大きくなりすぎてしまう。

【0069】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0070】

$$15^\circ < \alpha < 35^\circ \quad \dots (9-1)$$

さらに好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0071】

$$17.5^\circ < \alpha < 25^\circ \quad \dots (9-2)$$

本発明は、以上の何れかの結像光学系と、その像側に配された電子撮像素子を備えた電子撮像装置を含むものである。

【0072】

その場合に、半画角が 30° よりも大きく 50° よりも小さいことが望ましい。

【0073】

この下限値の 30° を越えると、撮影範囲が狭くなってしまい、上限値の 50° を越えると、ディストーションが起こりやすくなる。また、電子撮像素子の有効撮像領域の周辺へ入射する光束の入射角が大きくなり、像劣化が起こりやすくなる。

【0074】

また、本発明の別の撮像装置は、物体側から順に、明るさ絞り、像側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、第2負レンズ、第3正レンズの順に配置された結像光学系、及び、その像側に配された撮像素子を有し、前記明るさ絞りは、光軸が通過する開口形状が固定されており、かつ、開口部の外周面を像面側程光軸に近づくように、最軸外光束の入射角以上の傾斜角で傾斜させたことを特徴とするものである。

【0075】

この構成の作用を説明すると、明るさ絞り周辺面での反射光が結像光学系の内部に入射すると、ゴースト、フレアといった現象が起こりやすくなる。特に、本願発明のように、物体側から順に、明るさ絞り、第1正レンズ、第2負レンズ、第3正レンズの順に配置された小型の結像光学系では、撮像素子の撮像面も小さくなるため、相対的に明るさ絞りの外周面での反射光の影響が大きくなる。

【0076】

そこで、本発明では、最も物体側に明るさ絞りが配されることを利用して、明るさ絞りの開口部の外周面を像面側程光軸に近づくように、最軸外光束の入射角以上の傾斜角で傾斜させた固定形状としている。

【0077】

このような構成により、開口部の外周面で反射した光束が撮像素子に入射し難くなり、フレア、ゴーストの影響を低減することが可能になる。

【0078】

また、本発明のさらに別の撮像装置は、物体側から順に、明るさ絞り、像側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、第2負レンズ、第3正レンズの順に配置された結像光学系、及び、その像側に配された撮像素子を有し、前記結像光学系と前記撮像素子を保持しかつ前記明るさ絞りを同一樹脂材で一体成形したレンズ枠を備えたことを特徴とするものである。

【0079】

この構成の作用を説明すると、本発明の光学系は、明るさ絞りが最も物体側に位置する構成であるため、この絞り以降の各々のレンズは像側に配されるレンズ程有効面が大きくなる。したがって、これらのレンズを保持するレンズ枠を形成が容易な同一樹脂で一体成形することで、枠の像面側からレンズを挿入することでレンズの位置決めができるので、製造が容易となる。

【0080】

その際に、レンズ枠に明るさ絞りの構成を一体化させることで、製造工程を大幅に削減し、かつ、このレンズ枠自体に撮像素子の保持機能を備えさせることで、枠内へごみが進入しづらい構成とすることが可能となる。

【0081】

また、本発明のさらに別の撮像装置は、物体側から順に、明るさ絞り、像側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、第2負レンズ、第3正レンズの順に配置された結像光学系、及び、その像側に配された撮像素子を有し、前記結像光学系を保持するレンズ枠を備え、少なくとも前記第1正レンズ、第3正レンズの各々の外周に、物体側程光軸に近づくよう傾斜させた傾斜部を設け、前記レンズ枠に前記傾斜部が当接していることを特徴とするものである。

【0082】

この構成の作用を説明すると、本発明の光学系は、明るさ絞りが最も物体側に位置する構成であるため、この絞り以降の各々のレンズは像側に配されるレンズ

程有効面が大きくなる。特に第1正レンズと第3正レンズで顕著となる。したがって、上述の構成とすることで軸外光束に沿ったレンズ外形となり、ケラレを抑えつつ小型化し、枠の像面側からレンズを挿入することでレンズの位置決めができるので、製造が容易となる。

【0083】

さらには、全レンズの外周に物体側程光軸に近づくよう傾斜させた傾斜部を設け、上記レンズ枠にその傾斜部が当接するようにしてもよい。

【0084】

また、本発明のさらに別の撮像装置は、物体側から順に、明るさ絞り、像側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、第2負レンズ、第3正レンズの順に配置された結像光学系、及び、その像側に配された撮像素子を有し、前記結像光学系を保持するレンズ枠を備え、前記第1正レンズの形状が入射側から見たときに円形であり、前記第3正レンズの形状が、入射側から見たときに撮像素子の有効撮像領域の短辺方向に対応する方向の長さが有効撮像領域の長辺方向に対応する長さよりも短いことを特徴とするものである。

【0085】

この構成の作用を説明すると、本発明の光学系は、明るさ絞りが最も物体側に位置する構成であるため、この絞り以降の各々のレンズは像側に配されるレンズ程有効面が大きくなる。また、有効光束は、像面側程撮像素子の有効撮像領域の形状に近づいてくる。したがって、上述の構成とすることで、有効光束に沿ったレンズ外形となり、ケラレを抑えつつ小型化ができる。

【0086】

なお、以上の各条件式に共通して、各条件式範囲をより限定した下位の条件式の上限值のみ、又は、下限値のみをその上位の条件式の上限值あるいは下限値として限定するようにしてもよい。

【0087】

また、以上の条件式は、任意に複数を組み合わせることで、より本発明の効果を高めることができる。

【0088】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の結像光学系の実施例 1～4 について説明する。実施例 1～4 の無限遠物点合焦時のレンズ断面図をそれぞれ図 1～図 4 に示す。図中、明るさ絞りは S、第 1 正レンズは L 1、第 2 負レンズは L 2、第 3 正レンズは L 3、電子撮像素子のカバーガラスは C G、像面は I で示してある。なお、カバーガラス C G の表面に波長域制限用の多層膜を施してもよい。また、そのカバーガラス C G にローパスフィルター作用を持たせるようにしてもよい。

【0089】

実施例 1 の結像光学系は、図 1 に示すように、物体側から順に、明るさ絞り S、像側に凸面を向けた両面非球面の第 1 正メニスカスレンズ L 1、両凹の両面非球面の第 2 負レンズ L 2、両凸の両面非球面の第 3 正レンズ L 3、カバーガラス C G から構成されている。本実施例では、第 1 レンズ L 1～第 3 レンズ L 3 は全てプラスチックからなり、第 1 レンズ L 1、第 3 レンズ L 3 はアモルファスポリオレフィン系のゼオネックス（商品名）、第 2 レンズ L 2 はポリカーボネイトから構成されている。

【0090】

また、本実施例の仕様は、焦点距離 $f = 3.73 \text{ mm}$ 、像高 $I_h = 2.4 \text{ mm}$ であり、半画角 $\omega = 32.7^\circ$ の広角の光学系である。また、各レンズのそれぞれの光学有効径（片側）は、第 2 面 r_2 ～第 7 面 r_7 の順に、 0.727 mm 、 1.046 mm 、 1.208 mm 、 1.306 mm 、 1.583 mm 、 1.817 mm である。

【0091】

実施例 2 の結像光学系は、図 2 に示すように、物体側から順に、明るさ絞り S、像側に凸面を向けた両面非球面の第 1 正メニスカスレンズ L 1、物体側に凸面を向けた両面非球面の第 2 負メニスカスレンズ L 2、両凸の両面非球面の第 3 正レンズ L 3、カバーガラス C G から構成されている。本実施例では、第 1 レンズ L 1～第 3 レンズ L 3 は全てプラスチックからなり、第 1 レンズ L 1、第 3 レンズ L 3 はアモルファスポリオレフィン系のゼオネックス、第 2 レンズ L 2 はポリカーボネイトから構成されている。

【0092】

また、本実施例の仕様は、焦点距離 $f = 3.3 \text{ mm}$ 、像高 $Ih = 2.4 \text{ mm}$ であり、半画角 $\omega = 36^\circ$ の広角の光学系である。また、各レンズのそれぞれの光学有効径（片側）は、第2面 r_2 ～第7面 r_7 の順に、 0.640 mm 、 0.986 mm 、 1.226 mm 、 1.252 mm 、 1.845 mm 、 2.053 mm である。

【0093】

実施例3の結像光学系は、図3に示すように、物体側から順に、明るさ絞りS、像側に凸面を向けた両面非球面の第1正メニスカスレンズL1、両凹の両面非球面の第2負レンズL2、両凸の両面非球面の第3正レンズL3、カバーガラスCGから構成されている。本実施例では、第1レンズL1～第2レンズL2はガラス、第3レンズL3はアモルファスポリオレフィン系のゼオネックスから構成されている。

【0094】

また、本実施例の仕様は、焦点距離 $f = 3.3 \text{ mm}$ 、像高 $Ih = 2.4 \text{ mm}$ であり、半画角 $\omega = 36^\circ$ の広角の光学系である。また、各レンズのそれぞれの光学有効径（片側）は、第2面 r_2 ～第7面 r_7 の順に、 0.670 mm 、 1.115 mm 、 1.145 mm 、 1.173 mm 、 1.306 mm 、 1.607 mm である。

【0095】

実施例4の結像光学系は、図4に示すように、物体側から順に、明るさ絞りS、像側に凸面を向けた両面非球面の第1正メニスカスレンズL1、両凹の両面非球面の第2負レンズL2、両凸の両面非球面の第3正レンズL3、カバーガラスCGから構成されている。本実施例では、第1レンズL1はプラスチック、第2レンズL2、第3レンズL3はガラスからなり、第1レンズL1はアモルファスポリオレフィン系のゼオネックスから構成されている。

【0096】

また、本実施例の仕様は、焦点距離 $f = 3.3 \text{ mm}$ 、像高 $Ih = 2.4 \text{ mm}$ であり、半画角 $\omega = 36^\circ$ の広角の光学系である。また、各レンズのそれぞれの光

有効径 (片側) は、第2面 r_2 ~ 第7面 r_7 の順に、0.660 mm, 1.098 mm, 1.266 mm, 1.446 mm, 1.464 mm, 1.732 mm である。

【0097】

以下に、上記各実施例の数値データを示すが、記号は上記の外、 r_1 、 r_2 …は各レンズ面の曲率半径、 d_1 、 d_2 …は各レンズ面間の間隔、 n_{d1} 、 n_{d2} …は各レンズのd線の屈折率、 ν_{d1} 、 ν_{d2} …は各レンズのアッベ数である。なお、非球面形状は、 x を光の進行方向を正とした光軸とし、 y を光軸と直交する方向にとると、下記の式にて表される。

【0098】

$$x = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (K + 1) (y / r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

ただし、 r は光軸上の曲率半径、 K は円錐係数、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。

【0099】

実施例1

$r_1 =$	∞ (絞り)	$d_1 =$	0.1696		
$r_2 =$	-11.0541 (非球面)	$d_2 =$	1.1212	$n_{d1} =$	1.52542 $\nu_{d1} =$ 55.78
$r_3 =$	-0.8354 (非球面)	$d_3 =$	0.1144		
$r_4 =$	-20.1658 (非球面)	$d_4 =$	0.6782	$n_{d2} =$	1.58423 $\nu_{d2} =$ 30.49
$r_5 =$	0.8891 (非球面)	$d_5 =$	0.5892		
$r_6 =$	3.2644 (非球面)	$d_6 =$	1.1603	$n_{d3} =$	1.52542 $\nu_{d3} =$ 55.78
$r_7 =$	-4.4171 (非球面)	$d_7 =$	0.3000		
$r_8 =$	∞	$d_8 =$	2.0000	$n_{d4} =$	1.51633 $\nu_{d4} =$ 64.10
$r_9 =$	∞	$d_9 =$	0.2469		
$r_{10} =$	∞ (像面)				

非球面係数

第2面

$$K = 20.6298$$

$$A_4 = -1.4605 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = 8.1598 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -4.1554 \times 10^{-1}$$

$$A_{10} = 2.6589 \times 10^{-1}$$

第 3 面

$$K = -3.0962$$

$$A_4 = -1.4289 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = -1.4452 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 3.5563 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = -3.3357 \times 10^{-2}$$

第 4 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -3.8125 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.7604 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 2.0635 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = -1.2278 \times 10^{-2}$$

第 5 面

$$K = -4.8586$$

$$A_4 = 4.7243 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.4633 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 5.7255 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = -4.4597 \times 10^{-3}$$

第 6 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -5.0546 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 2.1779 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -6.0043 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = 3.6380 \times 10^{-4}$$

第 7 面

$$K = -27.4772$$

$$A_4 = -1.7730 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 5.1424 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = -2.5695 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = -4.1667 \times 10^{-4}$$

$$[0 \ 1 \ 0 \ 0]$$

実施例 2

$r_1 =$	∞ (絞り)	$d_1 =$	0.1500		
$r_2 =$	-4.4414 (非球面)	$d_2 =$	1.0851	$n_{d1} = 1.52542$	$\nu_{d1} = 55.78$
$r_3 =$	-0.7656 (非球面)	$d_3 =$	0.1025		
$r_4 =$	7.3594 (非球面)	$d_4 =$	0.6000	$n_{d2} = 1.58423$	$\nu_{d2} = 30.49$
$r_5 =$	0.8221 (非球面)	$d_5 =$	0.8483		
$r_6 =$	3.5100 (非球面)	$d_6 =$	1.1893	$n_{d3} = 1.52542$	$\nu_{d3} = 55.78$
$r_7 =$	-5.2488 (非球面)	$d_7 =$	0.5000		
$r_8 =$	∞	$d_8 =$	1.0000	$n_{d4} = 1.51633$	$\nu_{d4} = 64.14$
$r_9 =$	∞	$d_9 =$	0.1653		
$r_{10} =$	∞ (像面)				

非球面係数

第 2 面

$$K = -2.6276$$

$$A_4 = -1.8738 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = 1.9184 \times 10^{-1}$$

$$A_8 = -8.9468 \times 10^{-1}$$

$$A_{10} = 7.5040 \times 10^{-1}$$

第 3 面

$$K = -3.0386$$

$$A_4 = -1.7124 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = -1.4963 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 2.4987 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = -4.2838 \times 10^{-2}$$

第 4 面

$$K = 0$$

$$A_4 = 5.9413 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.5563 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -3.3203 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = 1.6576 \times 10^{-4}$$

第 5 面

$$K = -4.8199$$

$$A_4 = 1.5380 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 2.1836 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -1.2885 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = 3.1166 \times 10^{-3}$$

第 6 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -4.6658 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 2.1561 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -4.3006 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = 1.7143 \times 10^{-4}$$

第 7 面

$$K = -57.2784$$

$$A_4 = -3.2297 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 1.4832 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -1.5028 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = -1.6629 \times 10^{-4}$$

【 0 1 0 1 】

。

実施例 3

$r_1 =$	∞ (絞り)	$d_1 =$	0.1500		
$r_2 =$	-28.9244 (非球面)	$d_2 =$	1.4906	$n_{d1} = 1.71700$	$\nu_{d1} = 47.90$
$r_3 =$	-0.8215 (非球面)	$d_3 =$	0.1000		
$r_4 =$	-7.1595 (非球面)	$d_4 =$	0.6000	$n_{d2} = 1.84666$	$\nu_{d2} = 23.80$
$r_5 =$	0.9897 (非球面)	$d_5 =$	0.4137		
$r_6 =$	3.7363 (非球面)	$d_6 =$	0.8851	$n_{d3} = 1.52542$	$\nu_{d3} = 55.78$
$r_7 =$	-5.0481 (非球面)	$d_7 =$	0.5000		
$r_8 =$	∞	$d_8 =$	1.0000	$n_{d4} = 1.51633$	$\nu_{d4} = 64.10$
$r_9 =$	∞	$d_9 =$	0.4010		
$r_{10} =$	∞ (像面)				

非球面係数

第 2 面

$$K = 17.3876$$

$$A_4 = -1.3148 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = 1.8184 \times 10^{-1}$$

$$A_8 = -7.5355 \times 10^{-1}$$

$$A_{10} = 5.6174 \times 10^{-1}$$

第 3 面

$$K = -3.7592$$

$$A_4 = -1.2454 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = 3.7010 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 8.2207 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = -5.9303 \times 10^{-3}$$

第 4 面

$$K = 0$$

$$A_4 = 4.8721 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -6.8012 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 3.9588 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = -4.4794 \times 10^{-3}$$

第 5 面

$$K = -7.7969$$

$$A_4 = 3.9472 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 4.5689 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -4.3324 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = 1.5076 \times 10^{-2}$$

第 6 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.2224 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = 1.0558 \times 10^{-1}$$

$$A_8 = -3.9962 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = 2.0606 \times 10^{-3}$$

第 7 面

$$K = -72.0657$$

$$A_4 = -3.5925 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 1.8804 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -4.8241 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = -1.9351 \times 10^{-3}$$

【 0 1 0 2 】

実施例 4

$r_1 =$	∞ (絞り)	$d_1 =$	0.1500	
$r_2 =$	-8.9282 (非球面)	$d_2 =$	1.4402	$n_{d1} = 1.52542 \quad \nu_{d1} = 55.78$
$r_3 =$	-0.7917 (非球面)	$d_3 =$	0.2808	
$r_4 =$	-5.1048 (非球面)	$d_4 =$	0.6000	$n_{d2} = 1.70514 \quad \nu_{d2} = 41.20$
$r_5 =$	1.1356 (非球面)	$d_5 =$	0.4673	
$r_6 =$	10.6525 (非球面)	$d_6 =$	1.2427	$n_{d3} = 1.65156 \quad \nu_{d3} = 56.20$
$r_7 =$	-2.0845 (非球面)	$d_7 =$	0.7500	

$$\begin{aligned} r_8 &= \infty & d_8 &= 1.0000 & n_{d4} &= 1.51633 & \nu_{d4} &= 64.10 \\ r_9 &= \infty & d_9 &= 0.4096 \\ r_{10} &= \infty \text{ (像面)} \end{aligned}$$

非球面係数

第 2 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.3190 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = 1.2073 \times 10^{-1}$$

$$A_8 = -5.7355 \times 10^{-1}$$

$$A_{10} = 4.7588 \times 10^{-1}$$

第 3 面

$$K = -2.7037$$

$$A_4 = -1.1923 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = -1.1957 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 1.2911 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = -1.1746 \times 10^{-2}$$

第 4 面

$$K = 11.3677$$

$$A_4 = 4.2870 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -5.1596 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 2.6728 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = -5.2315 \times 10^{-4}$$

第 5 面

$$K = -8.2739$$

$$A_4 = -1.2967 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 2.5993 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -1.7965 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = 3.9816 \times 10^{-3}$$

第 6 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.4779 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = 1.2039 \times 10^{-1}$$

$$A_8 = -3.6583 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = 2.6587 \times 10^{-3}$$

第 7 面

$$K = -1.0468$$

$$A_4 = -1.7573 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -1.1577 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 1.1866 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = -2.3216 \times 10^{-3}$$

【 0 1 0 3 】

上記実施例 1 ～ 4 の無限遠にフォーカシングした場合の収差図をそれぞれ図 5 ～ 図 8 に示す。これら収差図において、“S A”は球面収差、“A S”は非点収差、“D T”は歪曲収差、“C C”は倍率色収差を示す。また、各収差図中、“ ω ”は半画角を示す。

【 0 1 0 4 】

次に、上記各実施例における条件 (1) ～ (9) の値を示す。

【 0 1 0 5 】

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
(1)	0.44	0.48	0.35	0.47
(2)	1.16	1.42	1.06	1.19
(3)	0.44	0.38	0.27	0.56
(4)	2.61	1.76	1.82	3.33
(5)	-0.60	-0.68	-0.41	-0.53
(6)	-0.08	-0.19	-0.03	-0.13
(7)	0.43	1.30	0.21	0.78
(8)	-5.91	-5.60	-4.90	-4.98
(9)	19.6°	18.7°	29.1°	20.0°

【0106】

上記各実施例は小型でありながら、図5～図8の収差図に示すように、良好な画像が得られている。

【0107】

ここで、本発明において、像面における最大像高 I_h は、撮像素子の有効撮像領域（略矩形）の対角長 L の2分の1で定義される。そして、撮像領域を規定する手段として視野枠を配する場合は、視野枠対角長 L の2分の1であり、固体撮像素子等の撮像素子を配する場合は、有効撮像領域の対角長 L の2分の1である。

【0108】

そこで、撮像記録媒体がCCD等の電子撮像素子の場合の有効撮像面（有効撮像領域）の対角長 L と画素間隔 a について説明しておく。図9は、撮像素子の画素配列の1例を示す図であり、画素間隔 a でR（赤）、G（緑）、B（青）の画素がモザイク状に配されている。有効撮像面は撮影した映像の再生（パソコン上での表示、プリンターによる印刷等）に用いる撮像素子上の光電変換面内における領域を意味する。図中に示す有効撮像面は、光学系の性能（光学系の性能が確保し得るイメージサークル）に合わせて、撮像素子の全光電変換面よりも狭い領域に設定されている。有効撮像面の対角長 L は、この有効撮像面の対角長である。なお、映像の再生に用いる撮像範囲を種々変更可能としてよいが、そのような機能を有する撮像装置に本発明の結像光学系を用いる際は、その有効撮像面の対角長 L が変化する。そのような場合は、本発明において最大像高 I_h を定義する有効撮像面の対角長 L は、 L の取り得る範囲における最大値とする。

【0109】

図10は、CCD等の電子撮像素子の撮像面に視野枠を配する場合の視野枠対角長について説明するための図である。CCD等の電子撮像素子に像を形成して撮影する場合、その有効撮影領域は撮像面直前の視野枠の開口によって決定される。ここでも、視野枠の形状の変更は種々行う構成としてよいが、図9の場合と同様に、本発明において最大像高 I_h を定義する有効撮像面の対角長 L は、 L のとり得る範囲における最大値とする。

【0110】

なお、以上の本発明の実施例において、明るさ絞り S の直前にカバーガラスを配置するようにしてもよい。

【0111】

また、本発明の以上の実施例において、プラスチックで構成しているレンズをガラスで構成するようにしてもよい。例えば何れかの実施例のプラスチックより屈折率の高いガラスを用いれば、さらに高性能を達成できるのは言うまでもない。また、特殊低分散ガラスを用いれば、色収差の補正に効果があるのは言うまでもない。特にプラスチックで構成する場合には、低吸湿材料を用いることにより、環境変化による性能劣化が軽減されるので好ましい（例えば、日本ゼオン社のゼオネックス（商品名）等がある）。

【0112】

また、ゴースト、フレア等の不要光をカットするために、明るさ絞り S 以外にフレア絞りを配置してもよい。以上の実施例において、明るさ絞り S から第 1 レンズ L 1 間、第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 間、第 2 レンズ L 2 と第 3 レンズ L 3 間、第 3 レンズ L 3 と像面 I 間の何れの場所にフレア絞りを配置してもよい。また、枠によりフレア光線をカットするように構成してもよいし、別の部材を用いてフレア絞りを構成してもよい。また、光学系に直接印刷しても、塗装しても、シール等を接着しても構わない。また、その形状は、円形、楕円形、矩形、多角形、関数曲線で囲まれる範囲等、いかなる形状でも構わない。また、有害光束をカットするだけでなく、画面周辺のコマフレア等の光束をカットするようにしてもよい。

【0113】

また、各レンズには、反射防止コートを行い、ゴースト、フレアを軽減しても構わない。マルチコートであれば、効果的にゴースト、フレアを軽減できるので望ましい。また、赤外カットコートをレンズ面、カバーガラス等に行ってもよい。

【0114】

また、ピント調節を行うためにフォーカシングを行うようにしてもよい。レン

ズ系全体を繰り出してフォーカスを行ってもよいし、一部のレンズを繰り出すか、若しくは、繰り込みをしてフォーカスするようにしてもよい。

【0115】

また、画像周辺部の明るさ低下をCCDのマイクロレンズをシフトすることにより軽減するようにしてもよい。例えば、各像高における光線の入射角に合わせて、CCDのマイクロレンズの設計を変えてもよい。また、画像処理により画像周辺部の低下量を補正するようにしてもよい。

【0116】

図11は、上記実施例1の結像光学系5とその像面Iに配置されるCCDユニット6とを、樹脂材で一体成形したレンズ枠7に固定する構成例の、結像光学系5の光軸を含みCCDユニット6の像面Iの対角方向に取った断面図であり、明るさ絞りSは樹脂製のレンズ枠7に一体成形している。このようにすると、結像光学系5を保持するレンズ枠7の製造が容易になる。また、レンズ枠7に明るさ絞りSの構成を一体化させることで、製造工程を大幅に削減し、また、このレンズ枠7自体に撮像素子のCCDを含むCCDユニット6の保持機能を備えさせることで、レンズ枠7内へごみ等が進入し難くなる。

【0117】

また、図11から明らかなように、結像光学系5の第1正レンズL1、第2負レンズL2、第3正レンズL3の各々の外周8に、物体側程光軸に近づくよう傾斜させた傾斜面を設け、レンズ枠7にその傾斜面を当接して固定可能にすることにより、レンズ枠7へ像面側からレンズL1～L3を落とし込んで位置決め固定できるようになる。

【0118】

なお、図11において、CCDユニット6のに設けた平行平板21はその前面23に赤外カットコートを設けたローパスフィルター、平行平板22はカバーガラスとしてもよく、あるいは、平行平板21と平行平板22を併せて全体で厚さ2mmのカバーガラスCGとしてもよい。

【0119】

また、図12に模式的分解斜視図を示すように、プラスチックで成形したレン

ズ枠 7 内に保持される結像光学系の第 1 正レンズ L 1 の形状は、第 1 正レンズ L 1、第 2 負レンズ L 2 は入射側からみて円形、第 3 正レンズ L 3 は円形のレンズを基に、その上部と下部を切削した小判型の形状をしている。そして、各々のレンズ L 1 ~ L 3 のの外周 8 は絞り S 側に傾斜している。レンズ枠 7 の内面もその傾きに対応して傾斜して成形されている。

【0120】

このように、第 1 正レンズ L 1 の形状を入射側からみて円形、第 3 正レンズ L 3 の形状を、入射側から見たときに撮像素子の CCD の有効撮像領域の短辺方向に対応する方向の長さがその有効撮像領域の長辺方向に対応する長さよりも短いものに構成することにより、結像光学系の第 1 正レンズ L 1、第 2 負レンズ L 2、第 3 正レンズ L 3 を有効光束に沿ったレンズ外形にすることができ、ケラレを抑えつつ小型化ができる。なお、この例でも、レンズ枠 7 内に結像光学系 5 の第 1 正レンズ L 1、第 2 負レンズ L 2、第 3 正レンズ L 3 の各々の外周 8 の傾斜面を当接して固定させるようにすることで、レンズ枠 7 内に像面側からレンズ L 1 ~ L 3 を落とし込んで位置決め固定できる。

【0121】

また、明るさ絞り S の開口の周辺面は、図 11 の断面図に示すように、レンズ L 1 側に傾いて構成することが望ましく、その明るさ絞り S の開口の周辺面を、有効光束よりも傾斜角が大きく、実質的に最もレンズ側の角部が絞りの役目をするようにすることで、明るさ絞り S の開口部の外周面で反射した光束が撮像素子の CCD に入射し難くなり、フレア、ゴーストの影響を低減することが可能になる。

【0122】

ところで、以上の各実施例において、前記のように、カバーガラス CG の入射面側に近赤外シャープカットコートを施してもよい。この近赤外シャープカットコートは、波長 600 nm での透過率が 80% 以上、波長 700 nm での透過率が 10% 以下となるように構成する。具体的には、例えば次のような 27 層の層構成からなる多層膜である。ただし、設計波長は 780 nm である。

【0123】

基 板	材質	物理的膜厚 (nm)	$\lambda/4$
第1層	Al_2O_3	58.96	0.50
第2層	TiO_2	84.19	1.00
第3層	SiO_2	134.14	1.00
第4層	TiO_2	84.19	1.00
第5層	SiO_2	134.14	1.00
第6層	TiO_2	84.19	1.00
第7層	SiO_2	134.14	1.00
第8層	TiO_2	84.19	1.00
第9層	SiO_2	134.14	1.00
第10層	TiO_2	84.19	1.00
第11層	SiO_2	134.14	1.00
第12層	TiO_2	84.19	1.00
第13層	SiO_2	134.14	1.00
第14層	TiO_2	84.19	1.00
第15層	SiO_2	178.41	1.33
第16層	TiO_2	101.03	1.21
第17層	SiO_2	167.67	1.25
第18層	TiO_2	96.82	1.15
第19層	SiO_2	147.55	1.05
第20層	TiO_2	84.19	1.00
第21層	SiO_2	160.97	1.20
第22層	TiO_2	84.19	1.00
第23層	SiO_2	154.26	1.15
第24層	TiO_2	95.13	1.13
第25層	SiO_2	160.97	1.20
第26層	TiO_2	99.34	1.18
第27層	SiO_2	87.19	0.65

空 気

【0124】

上記の近赤外シャープカットコート透過率特性は図13に示す通りである。

【0125】

また、ローパスフィルターの射出面側には、図14に示すような短波長域の色の透過を低減する色フィルターを設けるか若しくはコーティングを行うことで、より一層電子画像の色再現性を高めている。

【0126】

具体的には、このフィルター若しくはコーティングにより、波長400nm～700nmで透過率が最も高い波長の透過率に対する420nmの波長の透過率の比が15%以上であり、その最も高い波長の透過率に対する400nmの波長の透過率の比が6%以下であることが好ましい。

【0127】

それにより、人間の目の色に対する認識と、撮像及び再生される画像の色とのずれを低減させることができる。言い換えると、人間の視覚では認識され難い短波長側の色が、人間の目で容易に認識されることによる画像の劣化を防止することができる。

【0128】

上記の400nmの波長の透過率の比が6%を越えると、人間の目では認識され難い短波長域が認識し得る波長に再生されてしまい、逆に、上記の420nmの波長の透過率の比が15%よりも小さいと、人間の認識し得る波長域の再生が低くなり、色のバランスが悪くなる。

【0129】

このような波長を制限する手段は、補色モザイクフィルターを用いた撮像系においてより効果を奏するものである。

【0130】

上記各実施例では、図14に示すように、波長400nmにおける透過率を0%、420nmにおける透過率を90%、440nmにて透過率のピーク100

%となるコーティングとしている。

【0131】

前記した近赤外シャープカットコートとの作用の掛け合わせにより、波長 450 nm の透過率 99 % をピークとして、400 nm における透過率を 0 %、420 nm における透過率を 80 %、600 nm における透過率を 82 %、700 nm における透過率を 2 % としている。それにより、より忠実な色再現を行っている。

【0132】

また、ローパスフィルターは、像面上投影時の方位角度が水平 ($= 0^\circ$) と $\pm 45^\circ$ 方向にそれぞれ結晶軸を有する 3 種類のフィルターを光軸方向に重ねて使用することができ、それぞれについて、水平に $a \mu\text{m}$ 、 $\pm 45^\circ$ 方向にそれぞれ $\text{SQRT}(1/2) \times a$ だけずらすことで、モアレ抑制を行うことができる。ここで、S Q R T はスクエアルートであり平方根を意味する。

【0133】

また、C C D の撮像面 I 上には、図 15 に示す通り、シアン、マゼンダ、イエロー、グリーン (緑) の 4 色の色フィルターを撮像画素に対応してモザイク状に設けた補色モザイクフィルターを設けている。これら 4 種類の色フィルターは、それぞれが略同じ数になるように、かつ、隣り合う画素が同じ種類の色フィルターに対応しないようにモザイク状に配置されている。それにより、より忠実な色再現が可能となる。

【0134】

補色モザイクフィルターは、具体的には、図 15 に示すように少なくとも 4 種類の色フィルターから構成され、その 4 種類の色フィルターの特性は以下の通りであることが好ましい。

【0135】

グリーンの色フィルター G は波長 G_p に分光強度のピークを有し、
イエローの色フィルター Y_e は波長 Y_p に分光強度のピークを有し、
シアンの色フィルター C は波長 C_p に分光強度のピークを有し、
マゼンダの色フィルター M は波長 M_{p1} と M_{p2} にピークを有し、以下の条件を満

足する。

【0136】

$$510\text{ nm} < G_p < 540\text{ nm}$$

$$5\text{ nm} < Y_p - G_p < 35\text{ nm}$$

$$-100\text{ nm} < C_p - G_p < -5\text{ nm}$$

$$430\text{ nm} < M_{p1} < 480\text{ nm}$$

$$580\text{ nm} < M_{p2} < 640\text{ nm}$$

さらに、グリーン、イエロー、シアンの色フィルターはそれぞれの分光強度のピークに対して波長 530 nm では 80% 以上の強度を有し、マゼンダの色フィルターはその分光強度のピークに対して波長 530 nm では 10% から 50% の強度を有することが、色再現性を高める上でより好ましい。

【0137】

上記各実施例におけるそれぞれの波長特性の 1 例を図 16 に示す。グリーンの色フィルター G は 525 nm に分光強度のピークを有している。イエローの色フィルター Y_e は 555 nm に分光強度のピークを有している。シアンの色フィルター C は 510 nm に分光強度のピークを有している。マゼンダの色フィルター M は 445 nm と 620 nm にピークを有している。また、530 nm における各色フィルターは、それぞれの分光強度のピークに対して、G は 99%、 Y_e は 95%、C は 97%、M は 38% としている。

【0138】

このような補色フィルターの場合、図示しないコントローラー（若しくは、デジタルカメラに用いられるコントローラー）で、電氣的に次のような信号処理を行い、

輝度信号

$$Y = |G + M + Y_e + C| \times 1/4$$

色信号

$$R - Y = | (M + Y_e) - (G + C) |$$

$$B - Y = | (M + C) - (G + Y_e) |$$

の信号処理を経て R（赤）、G（緑）、B（青）の信号に変換される。

【0139】

ところで、上記した近赤外シャープカットコート配置位置は、光路上のどの位置であってもよい。また、ローパスフィルターの枚数も2枚でも1枚でも構わない。

【0140】

本発明の撮像装置において、光量調整のために、明るさ絞りSを複数の絞り羽にて構成し、その開口形状を可変とすることで調整する可変絞りを用いてもよい。図17は、開口時絞り形状の例を示す説明図、図18は、2段絞り時の絞り形状の例を示す説明図である。図17、図18において、OPは光軸、Daは6枚の絞り板、Xa、Xbは開口部を示している。本発明においては、絞りの開口形状を開放状態（図17）と、所定の条件を満たすF値となる絞り値（2段絞り、図18）の2種類のみとすることができる。

【0141】

又は、形状又は透過率の異なる形状固定の複数の明るさ絞りを設けたターレットを用いて、必要な明るさに応じて、何れかの明るさ絞りを結像光学系の物体側光軸上に配置する構成とすると、絞り機構の薄型化が図れる。また、そのターレット上に配された複数の明るさ絞りの開口の中の最も光量を低減させる開口に、他の明るさ絞りの透過率よりも低い透過率の光量低減フィルターを配する構成としてもよい。それにより、絞りの開口径を絞り込みすぎることがなくなり、絞りの開口径が小さいことにより発生する回折による結像性能の悪化を抑えることができる。

【0142】

この場合の1例の構成を示す斜視図を図19に示す。結像光学系の第1正レンズL1の物体側の光軸上の絞りSの位置に、0段、-1段、-2段、-3段、-4段の明るさ調節を可能とするターレット10を配置している。

【0143】

ターレット10には、0段の調整をする開口形状が最大絞り径の円形で固定の空間からなる開口1A（波長550nmに対する透過率は100%）と、-1段補正するために開口1Aの開口面積の約半分の開口面積を有する開口形状が固定

の透明な平行平板（波長 550 nm に対する透過率は 99 %）からなる開口 1 B と、開口 1 B と同じ面積の円形開口部を有し、- 2 段、- 3 段、- 4 段に補正するため、各々波長 550 nm に対する透過率が 50 %、25 %、13 % の ND フィルターが設けられた開口部 1 C、1 D、1 E とを有している。

【0144】

そして、ターレット 10 に設けた回転軸 11 の周りの回動により何れかの開口を絞り位置に配することで光量調節を行っている。

【0145】

また、図 19 に示すターレット 10 に代えて、図 20 の正面図に示すターレット 10' を用いることができる。結像光学系の第 1 正レンズ L1 の物体側の光軸上の絞り S の位置に、0 段、- 1 段、- 2 段、- 3 段、- 4 段の明るさ調節を可能とするターレット 10' を配置している。

【0146】

ターレット 10' には、0 段の調整をする開口形状が最大絞り径の円形で固定の開口 1 A' と、- 1 段補正するために開口 1 A' の開口面積の約半分となる開口面積を有する開口形状が固定の開口 1 B' と、さらに開口面積が順に小さくなり、- 2 段、- 3 段、- 4 段に補正するための形状が固定の開口部 1 C'、1 D'、1 E' とを有している。

【0147】

そして、ターレット 10' に設けた回転軸 11 の周りの回動により何れかの開口を絞り位置に配することで光量調節を行っている。

【0148】

また、より薄型化のために、明るさ絞り S の開口を、形状、位置共に固定の絞りとし、光量調整は、撮像素子からの出力信号を電氣的に調整するようにしてもよい。また、レンズ系の他の空間、例えば第 3 正レンズ L3 と CCD カバーガラス CG の間に ND フィルターを抜き差しして光量調整を行う構成としてもよい。図 21 はその 1 例を示す図であり、ターレット 10'' の開口 1 A'' は素通り面又は中空の開口、開口 1 B'' は透過率 1/2 の ND フィルター、開口 1 C'' は透過率 1/4 の ND フィルター、開口 1 D'' は透過率 1/8 の ND フィルター等を設けた

ターレット状のものを、中心の回転軸の周りの回転により何れかの開口を光路中の何れかの位置に配することで光量調節を行っている。

【0149】

また、光量調節のフィルターとして、光量ムラを抑えるように光量調節が可能なフィルター面を設けてもよい。例えば、暗い被写体に対しては中心部の光量確保を優先して透過率を均一とし、明るい被写体に対してのみ明るさムラを補うように、図22に示すように、同心円状に光量が中心程低下するフィルターを配する構成としてもよい。

【0150】

また、絞りSとしては、第1正レンズL1の入射面側の周辺部を黒塗りしたものでもよい。

【0151】

また、本発明による撮像装置を、カメラ等のように映像を静止画として保存するものとする場合、光量調整のためのシャッターを光路中に配置するとよい。

【0152】

そのようなシャッターとしては、CCDの直前に配置したフォーカルプレーンシャッターやロータリーシャッター、液晶シャッターでもよいし、開口絞り自体をシャッターとして構成してもよい。

【0153】

図23にシャッターの1例を示す。図23に示すものは、フォーカルプレーンシャッターの1つであるロータリーフォーカルプレーンシャッターの例であり、図23(a)は裏面側から見た図、図23(b)は表面側から見た図である。15はシャッター基板であり、像面の直前又は任意の光路位置に配される構成となっている。基板15には、光学系の有効光束を透過する開口部16が設けられている。17はロータリーシャッター幕である。18はロータリーシャッター幕17の回転軸であり、回転軸18は基板15に対して回転し、ロータリーシャッター幕17と一体化されている。回転軸18は基板15の表面のギヤ19、20と連結されている。このギヤ19、20は図示しないモーターと連結されている。

【0154】

このような構成において、図示しないモーターの駆動により、ギア 19、20、回転軸 18 を介して、ロータリーシャッター幕 17 が回転軸 18 を中心に回転するように構成されている。

【0155】

このロータリーシャッター幕 17 は略半円型に構成され、回転により基板 15 の開口部 16 の遮蔽と退避を行い、シャッターの役割を果たしている。シャッタースピードはこのロータリーシャッター幕 17 の回転するスピードを変えることで調整される。

【0156】

図 24 (a) ~ (d) は、ロータリーシャッター幕 17 が回転する様子を像面側からみた図である。時間を追って図の (a)、(b)、(c)、(d)、(a) の順で移動する。

【0157】

以上のように、レンズ系の異なる位置に形状が固定の開口絞り S と光量調整を行うフィルターあるいはシャッターを配置することにより、回折の影響を抑えて高画質を保ちつつ、フィルターやシャッターにより光量調整が行え、かつ、レンズ系の全長の短縮化も可能とした撮像装置を得ることができる。

【0158】

また、機械的なシャッターを用いずに、CCD の電気信号の一部を取り出して静止画を得るような電氣的な制御で行う構成としてもよい。このような構成の 1 例を、図 25、図 26 により CCD 撮像の動作を説明しながら説明する。図 25 は、インターレース式（飛び越し走査式）で信号の順次読み出しを行っている CCD 撮像の動作説明図である。図 25 において、Pa ~ Pc はフォトダイオードを用いた感光部、Va ~ Vc は CCD による垂直転送部、Ha は CCD による水平転送部である。A フィールドは奇数フィールド、B フィールドは偶数フィールドを示している。

【0159】

図 25 の構成では、基本動作が次のように行われる。すなわち、(1) 感光部で光による信号電荷の蓄積（光電変換）、(2) 感光部から垂直転送部への信号

電荷のシフト（フィールドシフト）、（３）垂直転送部での信号電荷の転送（垂直転送）、（４）垂直転送部から水平転送部への信号電荷の転送（ラインシフト）、（５）水平転送部での信号電荷の転送（水平転送）、（６）水平転送部の出力端で信号電荷の検出（検出）。このような順次読み出しは、Ａフィールド（奇数フィールド）とＢフィールド（偶数フィールド）の何れか一方を用いて行うことができる。

【 0 1 6 0 】

図 2 5 のインターレース式（飛び越し走査式）ＣＣＤ撮像は、ＴＶ放送方式やアナログビデオ方式では、ＡフィールドとＢフィールドの蓄積タイミングが 1 / 6 0 ずれている。これをそのまま ＤＳＣ（Ｄｉｊｉｔａｌ Ｓｐｅｃｔｒａｍ Ｃｏｍｐａｔｉｂｌｅ）用画像としてフレーム画を構成すると、動きのある被写体の場合、二重像のようなブレを起こす。そこで、このタイプの ＣＣＤ撮像では、Ａ、Ｂフィールドを同時露光して隣接するフィールドの信号を混合する。そして、機械的なシャッターで露光終了時に湛光した後、ＡフィールドとＢフィールドそれぞれ別々に読み出して信号を合成する方法が取られている。

【 0 1 6 1 】

本発明においては、機械的なシャッターの役割をスミア防止用のみとして、Ａフィールドのみの順次読み出し、あるいは、Ａ、Ｂフィールドを同時混合読み出しとすることにより、垂直解像度は低下するが、機械的なシャッターの駆動スピードに左右されず（電子的なシャッターのみでコントロールできるため）、高速シャッターを切ることができる。図 2 5 の例では、垂直転送部の ＣＣＤの数が感光部を構成するフォトダイオードの数の半分であるので、小型化しやすいという利点がある。

【 0 1 6 2 】

図 2 6 は、信号の順次読み出しをプログレッシブ式で行う ＣＣＤ撮像の動作説明図である。図 2 6 において、Ｐｄ～Ｐｆはフォトダイオードを用いた感光部、Ｖｄ～Ｖｆは ＣＣＤによる垂直転送部、Ｈｂは ＣＣＤによる水平転送部である。

【 0 1 6 3 】

図 2 6 においては、画素の並び順に読み出すことができるので、電荷蓄積読み

出し作業を全て電子的にコントロールすることが可能となる。したがって、露光時間を(1/10000秒)程度に短くすることができる。図26の例では、図25の場合よりも垂直CCDの数が多く、小型化が困難という不利な点があるが、前記したような利点があるので、本発明においては、図25、図26の何れの方法も採用することができる。

【0164】

さて、以上のような本発明の撮像装置は、結像光学系で物体像を形成しその像をCCD等の撮像素子に受光させて撮影を行う撮影装置、とりわけデジタルカメラやビデオカメラ、情報処理装置の例であるパソコン、電話、特に持ち運びに便利な携帯電話等に用いることができる。以下に、その実施形態を例示する。

【0165】

図27～図29は、本発明による結像光学系をデジタルカメラの撮影光学系41に組み込んだ構成の概念図を示す。図27はデジタルカメラ40の外観を示す前方斜視図、図28は同後方斜視図、図29はデジタルカメラ40の構成を示す断面図である。デジタルカメラ40は、この例の場合、撮影用光路42を有する撮影光学系41、ファインダー用光路44を有するファインダー光学系43、シャッター45、フラッシュ46、液晶表示モニター47等を含み、カメラ40の上部に配置されたシャッター45を押圧すると、それに連動して撮影光学系41、例えば実施例1の結像光学系を通して撮影が行われる。撮影光学系41によって形成された物体像が、近赤外カットコートを設けローパスフィルター作用を持たせたカバーガラスCGを介してCCD49の撮像面上に形成される。このCCD49で受光された物体像は、処理手段51を介し、電子画像としてカメラ背面に設けられた液晶表示モニター47に表示される。また、この処理手段51には記録手段52が接続され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、この記録手段52は処理手段51と別体に設けてもよいし、フロッピーディスクやメモリーカード、MO等により電子的に記録書込を行うように構成してもよい。また、CCD49に代わって銀塩フィルムを配置した銀塩カメラとして構成してもよい。

【0166】

さらに、ファインダー用光路 44 上にはファインダー用対物光学系 53 が配置してある。このファインダー用対物光学系 53 によって形成された物体像は、像正立部材であるポロプリズム 55 の視野枠 57 上に形成される。このポリプリズム 55 の後方には、正立正像にされた像を観察者眼球 E に導く接眼光学系 59 が配置されている。なお、撮影光学系 41 及びファインダー用対物光学系 53 の入射側、接眼光学系 59 の射出側にそれぞれカバー部材 50 が配置されている。

【0167】

このように構成されたデジタルカメラ 40 は、撮影光学系 41 が高性能で小型であるので、高性能・小型化が実現できる。

【0168】

なお、図 29 の例では、カバー部材 50 として平行平板を配置しているが、パワーを持ったレンズを用いてもよい。

【0169】

次に、本発明の結像光学系が対物光学系として内蔵された情報処理装置の 1 例であるパソコンが図 30～図 32 に示される。図 30 はパソコン 300 のカバーを開いた前方斜視図、図 31 はパソコン 300 の撮影光学系 303 の断面図、図 32 は図 30 の状態の側面図である。図 30～図 32 に示されるように、パソコン 300 は、外部から操作者が情報を入力するためのキーボード 301 と、図示を省略した情報処理手段や記録手段と、情報を操作者に表示するモニター 302 と、操作者自身や周辺の像を撮影するための撮影光学系 303 とを有している。ここで、モニター 302 は、図示しないバックライトにより背面から照明する透過型液晶表示素子や、前面からの光を反射して表示する反射型液晶表示素子や、CRT ディスプレイ等であってよい。また、図中、撮影光学系 303 は、モニター 302 の右上に内蔵されているが、その場所に限らず、モニター 302 の周囲や、キーボード 301 の周囲のどこであってもよい。

【0170】

この撮影光学系 303 は、撮影光路 304 上に、本発明による結像光学系（図では略記）からなる対物レンズ 112 と、像を受光する撮像素子チップ 162 とを有している。これらはパソコン 300 に内蔵されている。

【0171】

ここで、撮像素子チップ162上にはローパスフィルター作用を持たせたカバーガラスCGが付加的に貼り付けられて撮像ユニット160として一体に形成され、対物レンズ112の鏡枠113の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ112と撮像素子チップ162の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠113の先端には、対物レンズ112を保護するためのカバーガラス114が配置されている。

【0172】

撮像素子チップ162で受光された物体像は、端子166を介して、パソコン300の処理手段に入力され、電子画像としてモニター302に表示される、図30には、その1例として、操作者の撮影された画像305が示されている。また、この画像305は、処理手段を介し、インターネットや電話を介して、遠隔地から通信相手のパソコンに表示されることも可能である。

【0173】

次に、本発明の結像光学系が撮影光学系として内蔵された情報処理装置の1例である電話、特に持ち運びに便利な携帯電話が図33に示される。図33(a)は携帯電話400の正面図、図33(b)は側面図、図33(c)は撮影光学系405の断面図である。図33(a)～(c)に示されるように、携帯電話400は、操作者の声を情報として入力するマイク部401と、通話相手の声を出力するスピーカ部402と、操作者が情報を入力する入力ダイヤル403と、操作者自身や通話相手等の撮影像と電話番号等の情報を表示するモニター404と、撮影光学系405と、通信電波の送信と受信を行うアンテナ406と、画像情報や通信情報、入力信号等の処理を行う処理手段(図示せず)とを有している。ここで、モニター404は液晶表示素子である。また、図中、各構成の配置位置は、特にこれらに限られない。この撮影光学系405は、撮影光路407上に配置された本発明による結像光学系(図では略記)からなる対物レンズ112と、物体像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらは、携帯電話400に内蔵されている。

【0174】

ここで、撮像素子チップ162上にはローパスフィルター作用を持たせたカバーガラスCGが付加的に貼り付けられて撮像ユニット160として一体に形成され、対物レンズ112の鏡枠113の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ112と撮像素子チップ162の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠113の先端には、対物レンズ112を保護するためのカバーガラス114が配置されている。

【0175】

撮像素子チップ162で受光された物体像は、端子166を介して、図示していない処理手段に入力され、電子画像としてモニター404に、又は、通信相手のモニターに、又は、両方に表示される。また、通信相手に画像を送信する場合、撮像素子チップ162で受光された物体像の情報を、送信可能な信号へと変換する信号処理機能が処理手段には含まれている。

【0176】

以上の各実施例は、前記の特許請求の範囲の構成に合わせて種々変更することができる。

【0177】

なお、本発明において次のように結像光学系及びそれを用いた撮像装置を構成することもできる。

【0178】

〔1〕 物体側から順に、明るさ絞り、像側に凸を向けた第1正メニスカスレンズ、第2負レンズ、第3正レンズの順に配置され、次の条件式を満たすことを特徴とした結像光学系。

【0179】

$$1. \quad 0 < f_{1-2} / f < 4.0 \quad \dots (4)$$

ただし、 f_{1-2} は第1レンズ、第2レンズの合成焦点距離、 f は全系の焦点距離である。

【0180】

〔2〕 物体側から順に、明るさ絞り、像側に凸を向けた第1正メニスカスレンズ、第2負レンズ、第3正レンズの順に配置され、次の条件式を満たすことを特徴とした結像光学系。

【0181】

$$-0.25 < r_{2r} / r_{1f} < -0.01 \quad \dots (6)$$

ただし、 r_{2r} は第2負レンズの像側面の光軸上曲率半径、 r_{1f} は第1正レンズの物体側面の光軸上曲率半径である。

【0182】

〔3〕 物体側から順に、明るさ絞り、像側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、第2負レンズ、第3正レンズの順に配置された結像光学系、及び、その像側に配された撮像素子を有し、前記明るさ絞りは、光軸が通過する開口形状が固定されており、かつ、開口部の外周面を像面側程光軸に近づくように、最軸外光束の入射角以上の傾斜角で傾斜させたことを特徴とする撮像装置。

【0183】

〔4〕 物体側から順に、明るさ絞り、像側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、第2負レンズ、第3正レンズの順に配置された結像光学系、及び、その像側に配された撮像素子を有し、前記結像光学系と前記撮像素子を保持しかつ前記明るさ絞りを同一樹脂材で一体成形したレンズ枠を備えたことを特徴とする撮像装置。

【0184】

〔5〕 物体側から順に、明るさ絞り、像側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、第2負レンズ、第3正レンズの順に配置された結像光学系、及び、その像側に配された撮像素子を有し、前記結像光学系を保持するレンズ枠を備え、少なくとも前記第1正レンズ、第3正レンズの各々の外周に、物体側程光軸に近づくよう傾斜させた傾斜部を設け、前記レンズ枠に前記傾斜部が当接していることを特徴とする撮像装置。

【0185】

〔6〕 物体側から順に、明るさ絞り、像側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、第2負レンズ、第3正レンズの順に配置された結像光学系、及び、そ

の像側に配された撮像素子を有し、前記結像光学系を保持するレンズ枠を備え、前記第1正レンズの形状が入射側から見たときに円形であり、前記第3正レンズの形状が、入射側から見たときに撮像素子の有効撮像領域の短辺方向に対応する方向の長さが有効撮像領域の長辺方向に対応する長さよりも短いことを特徴とする撮像装置。

【0186】

【発明の効果】

本発明により、高性能で小型な結像光学系とそれを用いた小型で高性能の撮像装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の結像光学系の実施例1の無限遠物点合焦時のレンズ断面図である。

【図2】

実施例2の結像光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図3】

実施例3の結像光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図4】

実施例4の結像光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図5】

実施例1の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図6】

実施例2の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図7】

実施例3の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図8】

実施例4の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図9】

撮像素子にて撮影を行う場合の最大像高 I_h を定義する有効撮像面の対角長 L について説明するための図である。

【図 10】

撮像素子の撮像面に視野枠を配する場合の最大像高 I_h を定義する有効撮像面の対角長 L について説明するための図である。

【図 11】

実施例 1 の結像光学系とその像面に配置される CCD とを樹脂材で一体成形したレンズ枠に固定する構成例の断面図である。

【図 12】

結像光学系の第 3 正レンズを小判型の形状にする場合の模式的分解斜視図である。

【図 13】

近赤外シャープカットコートの一例の透過率特性を示す図である。

【図 14】

ローパスフィルターの射出面側に設ける色フィルターの一例の透過率特性を示す図である。

【図 15】

補色モザイクフィルターの色フィルター配置を示す図である。

【図 16】

補色モザイクフィルターの波長特性の一例を示す図である。

【図 17】

絞りの開口形状を開放状態としたことを示す図である。

【図 18】

絞りの開口形状を 2 段絞りとした状態を示す図である。

【図 19】

形状と透過率の異なる形状固定の複数の明るさ絞りを設けたターレットを配置した本発明の結像光学系の構成を示す斜視図である。

【図 20】

図 19 に示すターレットに代わる別のターレットを示す正面図である。

【図 21】

本発明において利用可能な別のターレット状の光量調整フィルターを示す図で

ある。

【図 2 2】

光量ムラを抑えるフィルターの例を示す図である。

【図 2 3】

ロータリーフォーカルプレーンシャッターの例を示す裏面図と表面図である。

【図 2 4】

図 2 3 のシャッターのロータリーシャッター幕が回転する様子を示す図である。

【図 2 5】

インターレース式 CCD 撮像の動作説明図である。

【図 2 6】

プログレッシブ式 CCD 撮像の動作説明図である。

【図 2 7】

本発明による結像光学系を組み込んだデジタルカメラの外観を示す前方斜視図である。

【図 2 8】

図 2 7 のデジタルカメラの後方斜視図である。

【図 2 9】

図 2 7 のデジタルカメラの断面図である。

【図 3 0】

本発明による結像光学系が対物光学系として組み込まれたパソコンのカバーを開いた前方斜視図である。

【図 3 1】

パソコンの撮影光学系の断面図である。

【図 3 2】

図 3 0 の状態の側面図である。

【図 3 3】

本発明による結像光学系が対物光学系として組み込まれた携帯電話の正面図、側面図、その撮影光学系の断面図である。

【符号の説明】

S …明るさ絞り
L 1 …第 1 正レンズ
L 2 …第 2 負レンズ
L 3 …第 3 正レンズ
C G …カバーガラス
I …像面
O P …光軸
D a …絞り板
X a、X b …開口部
P a ～ P f …感光部
V a ～ V f …垂直転送部
H a、H b …水平転送部
E …観察者眼球
1 A、1 B、1 C、1 D、1 E …開口
1 A'、1 B'、1 C'、1 D'、1 E' …開口
1 A''、1 B''、1 C''、1 D'' …開口
5 …結像光学系
6 …CCD ユニット
7 …レンズ枠
8 …レンズ外周
10 …ターレット
10' …ターレット
10'' …ターレット
11 …回転軸
15 …シャッター基板
16 …開口部
17 …ロータリーシャッター幕
18 …回転軸

1 9、2 0…ギヤ
2 1…平行平板
2 2…平行平板
2 3…平行平板の前面
4 0…デジタルカメラ
4 1…撮影光学系
4 2…撮影用光路
4 3…ファインダー光学系
4 4…ファインダー用光路
4 5…シャッター
4 6…フラッシュ
4 7…液晶表示モニター
4 9…C C D
5 0…カバー部材
5 1…処理手段
5 2…記録手段
5 3…ファインダー用対物光学系
5 5…ポロプリズム
5 7…視野枠
5 9…接眼光学系
1 1 2…対物レンズ
1 1 3…鏡枠
1 1 4…カバーガラス
1 6 0…撮像ユニット
1 6 2…撮像素子チップ
1 6 6…端子
3 0 0…パソコン
3 0 1…キーボード
3 0 2…モニター

3 0 3 …撮影光学系

3 0 4 …撮影光路

3 0 5 …画像

4 0 0 …携帯電話

4 0 1 …マイク部

4 0 2 …スピーカ部

4 0 3 …入力ダイアル

4 0 4 …モニター

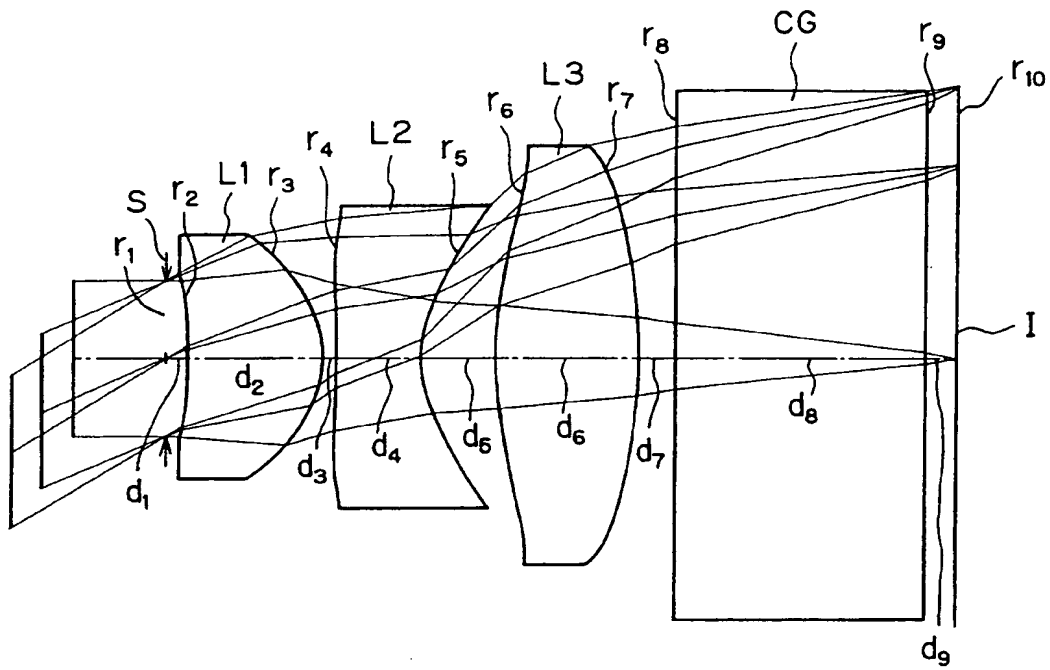
4 0 5 …撮影光学系

4 0 6 …アンテナ

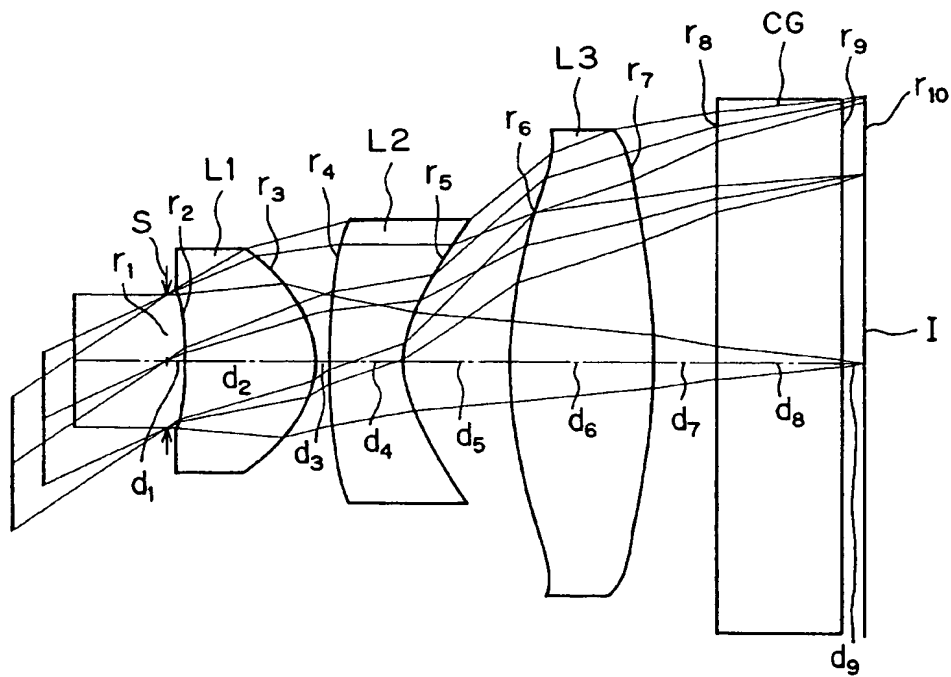
4 0 7 …撮影光路

【書類名】 図面

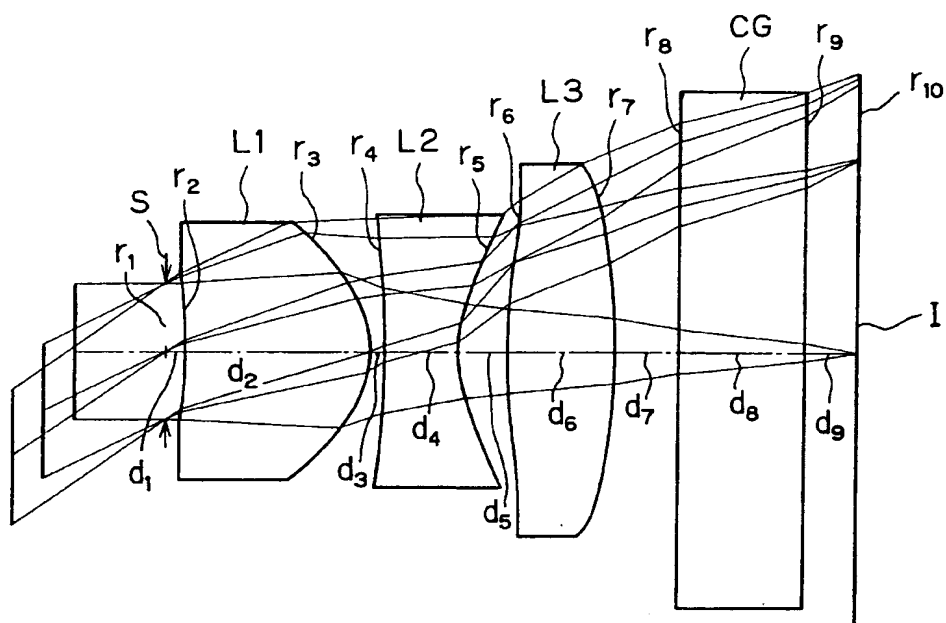
【図 1】



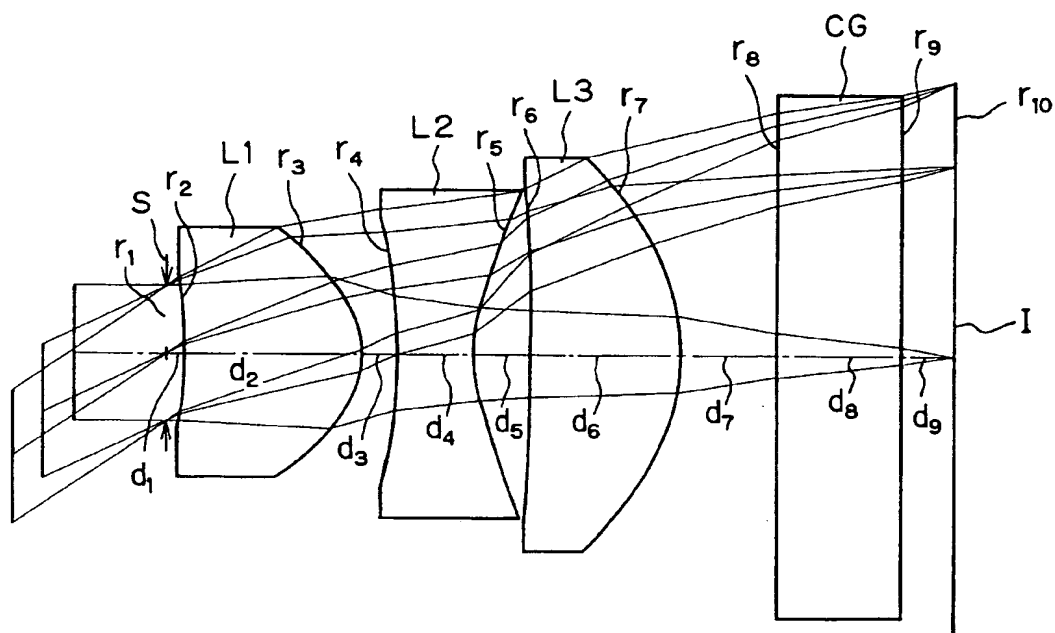
【図 2】



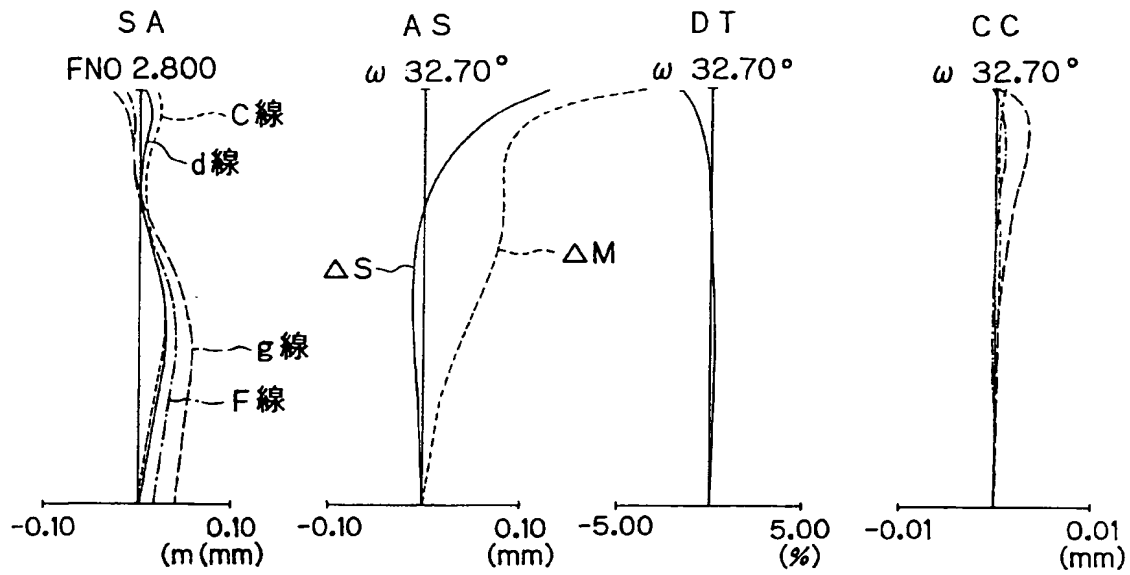
【図 3】



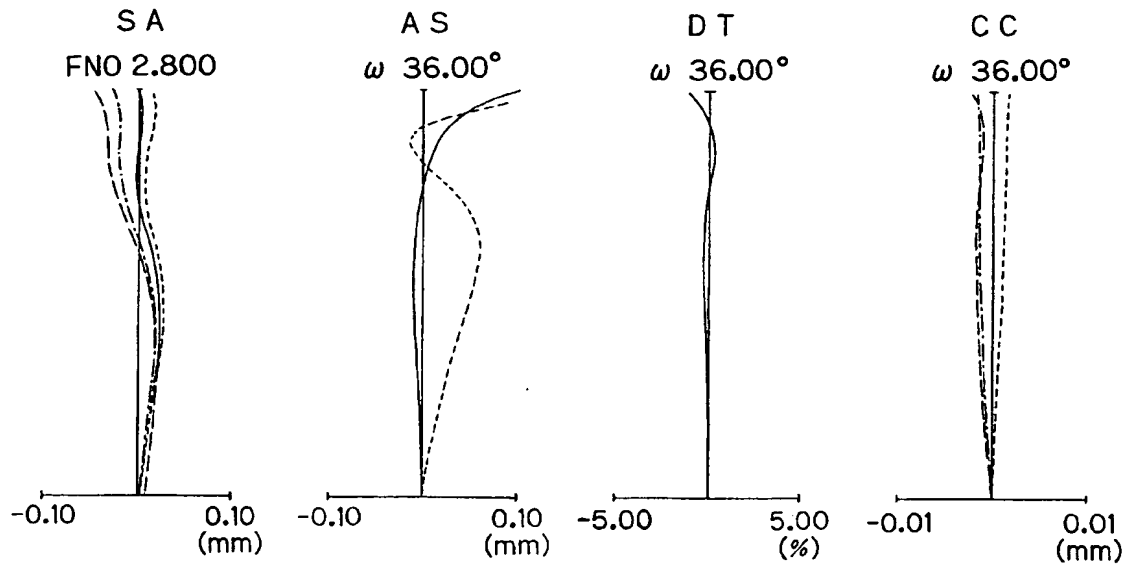
【図 4】



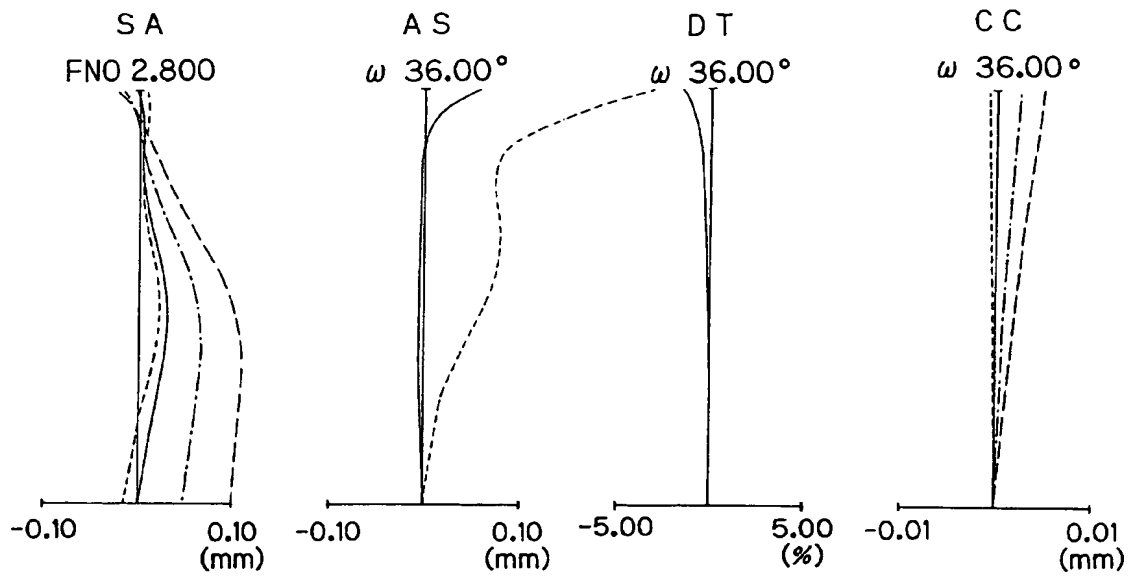
【図 5】



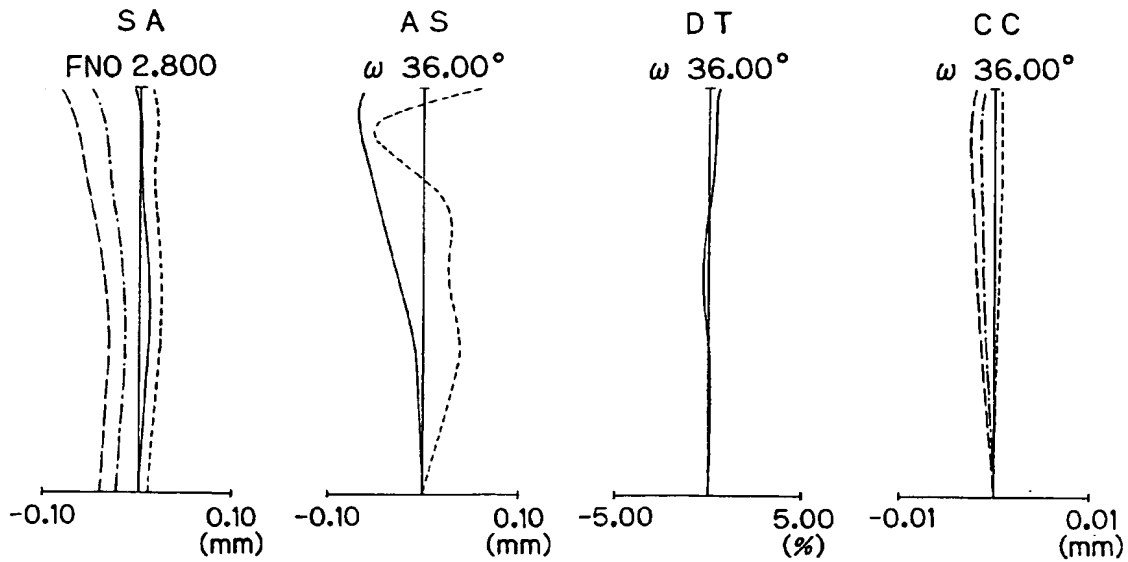
【図 6】



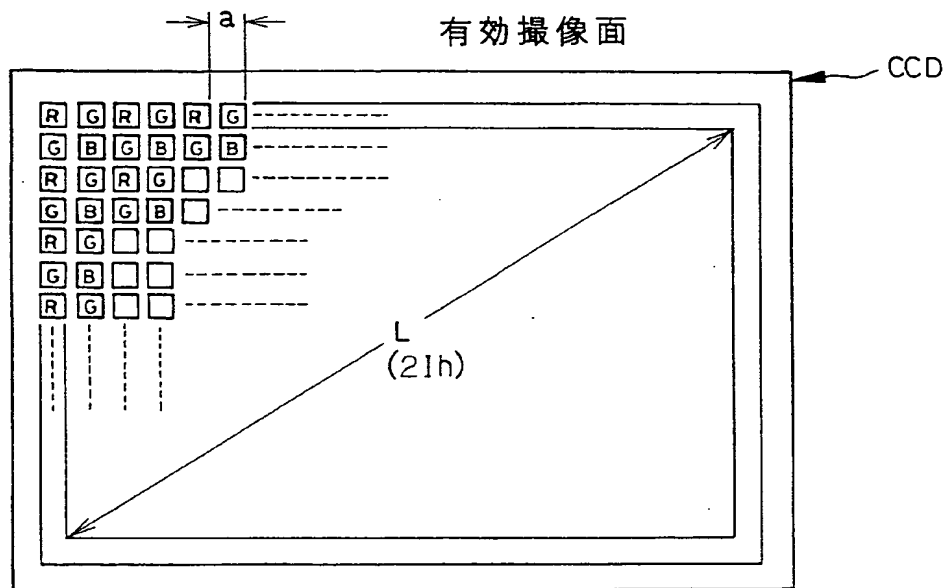
【図 7】



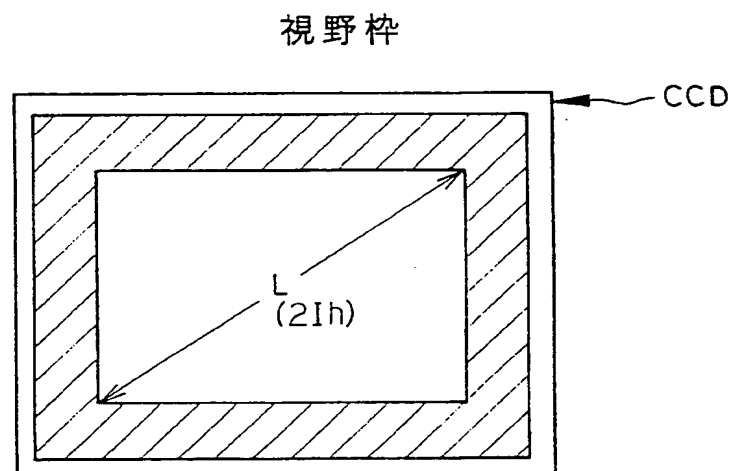
【図 8】



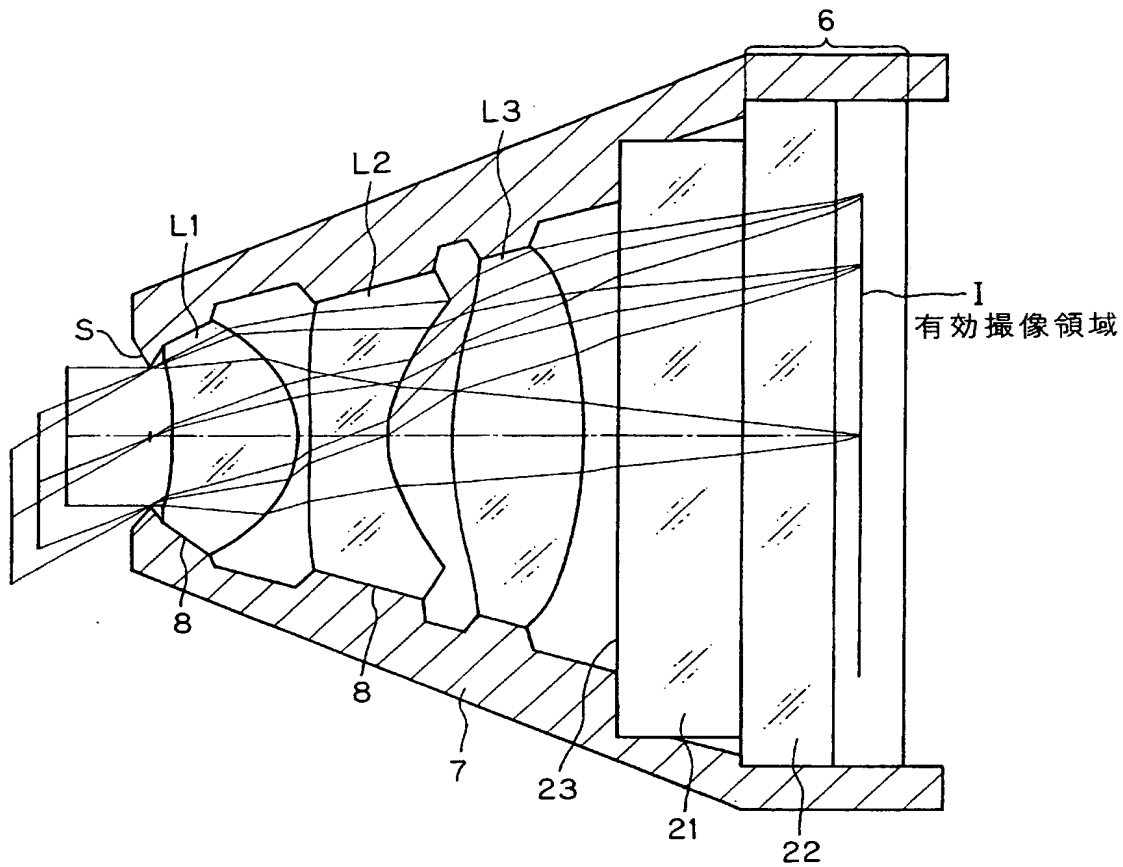
【図 9】



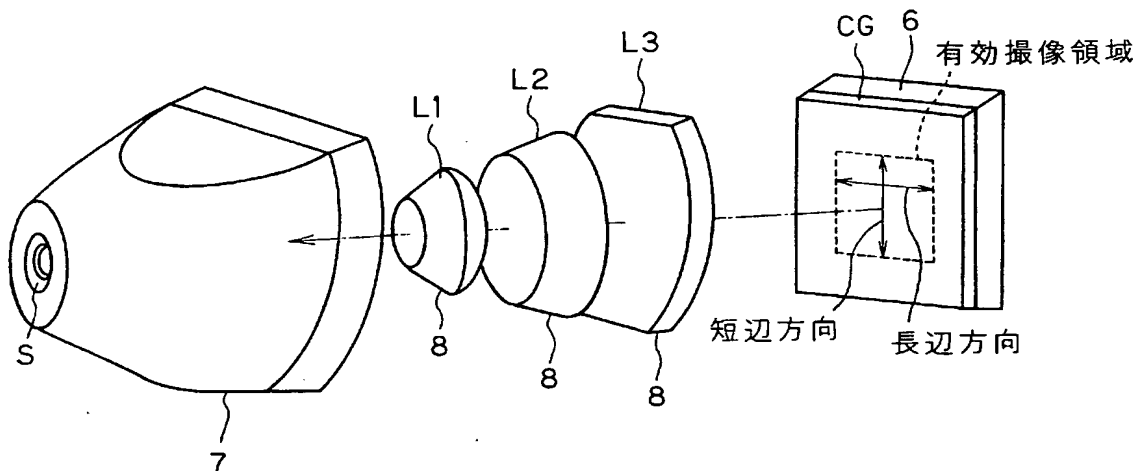
【図 10】



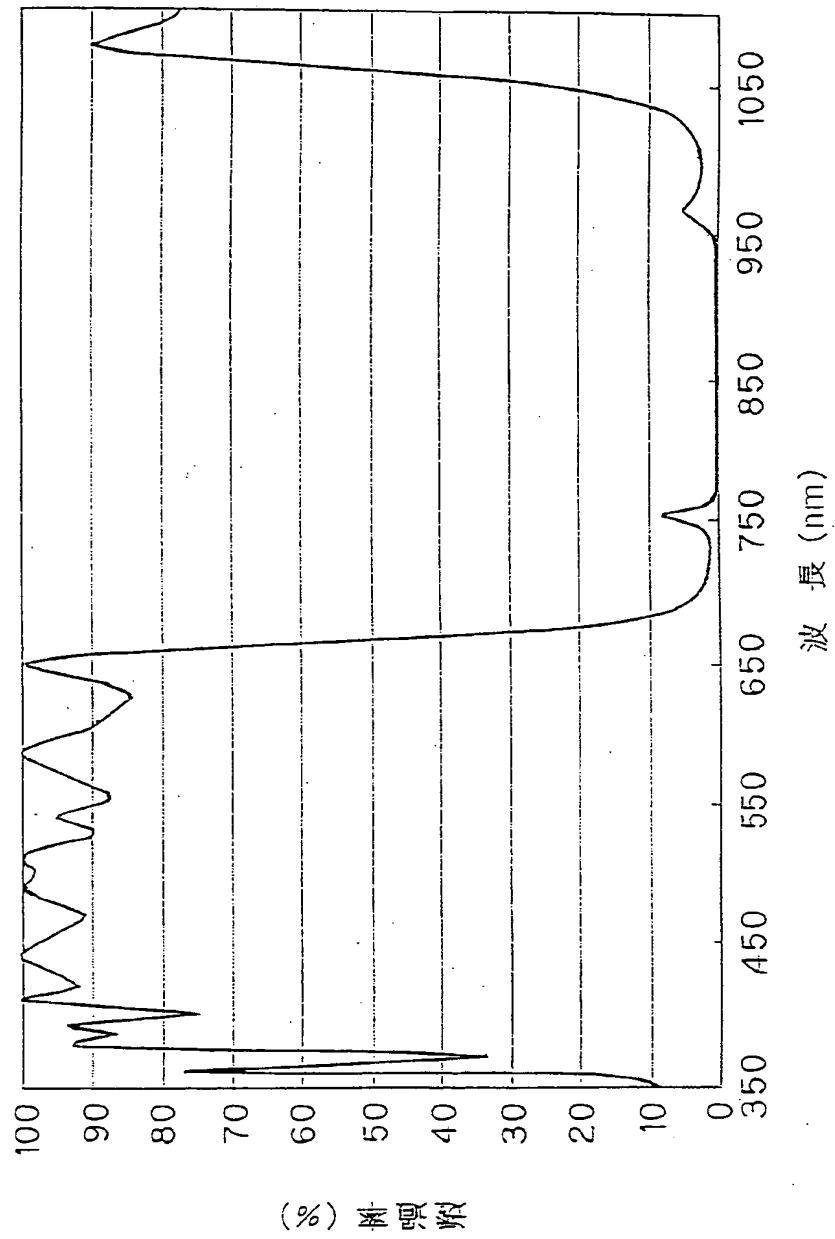
【図 1 1】



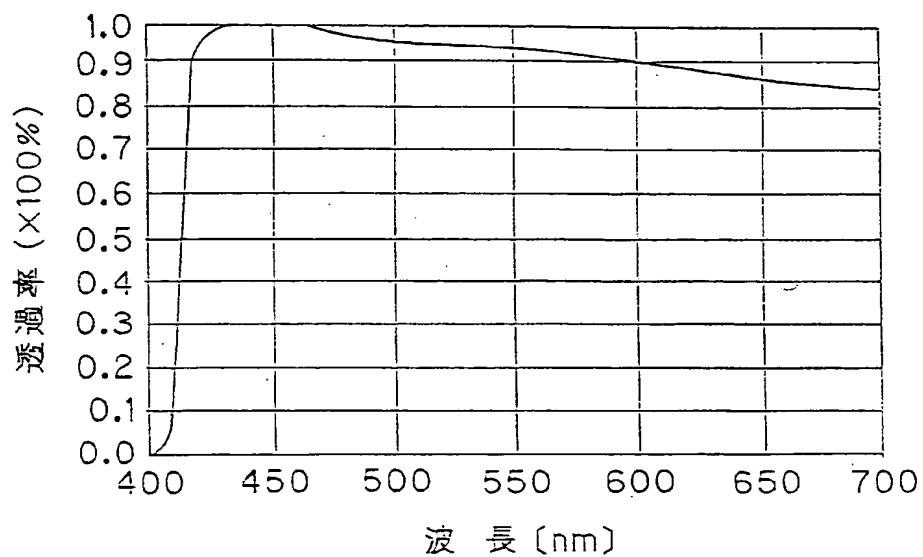
【図 1 2】



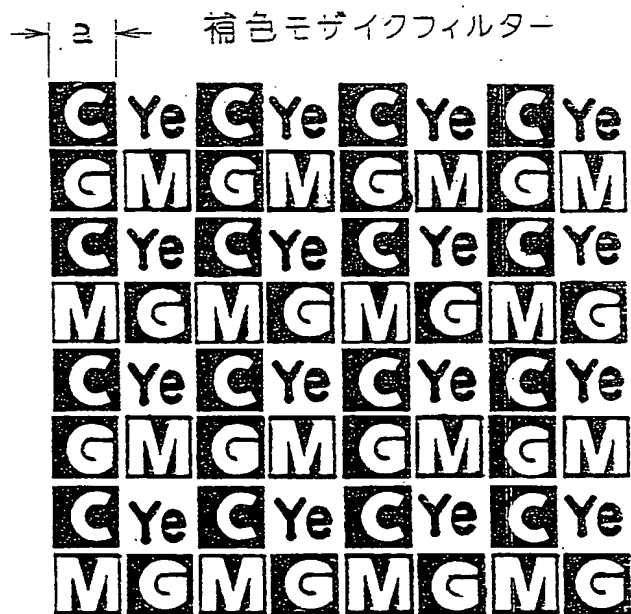
【図 13】



【図 14】

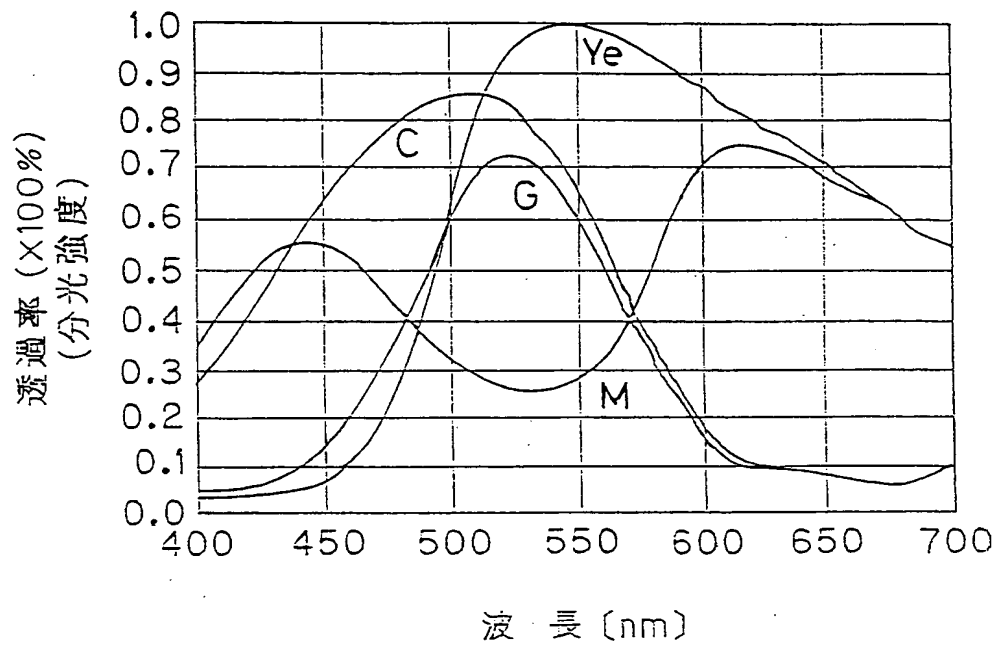


【図 15】

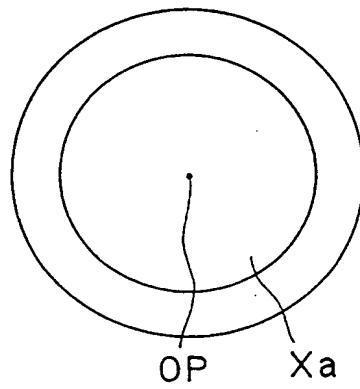


C:シアン M:マゼンタ
Ye:イエロー G:緑

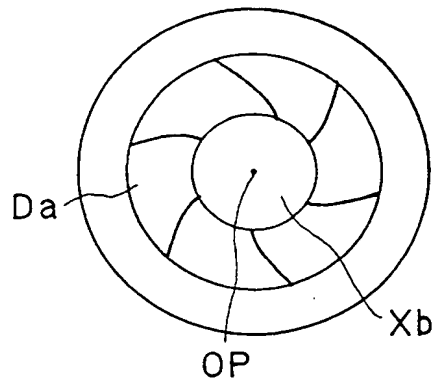
【図 16】



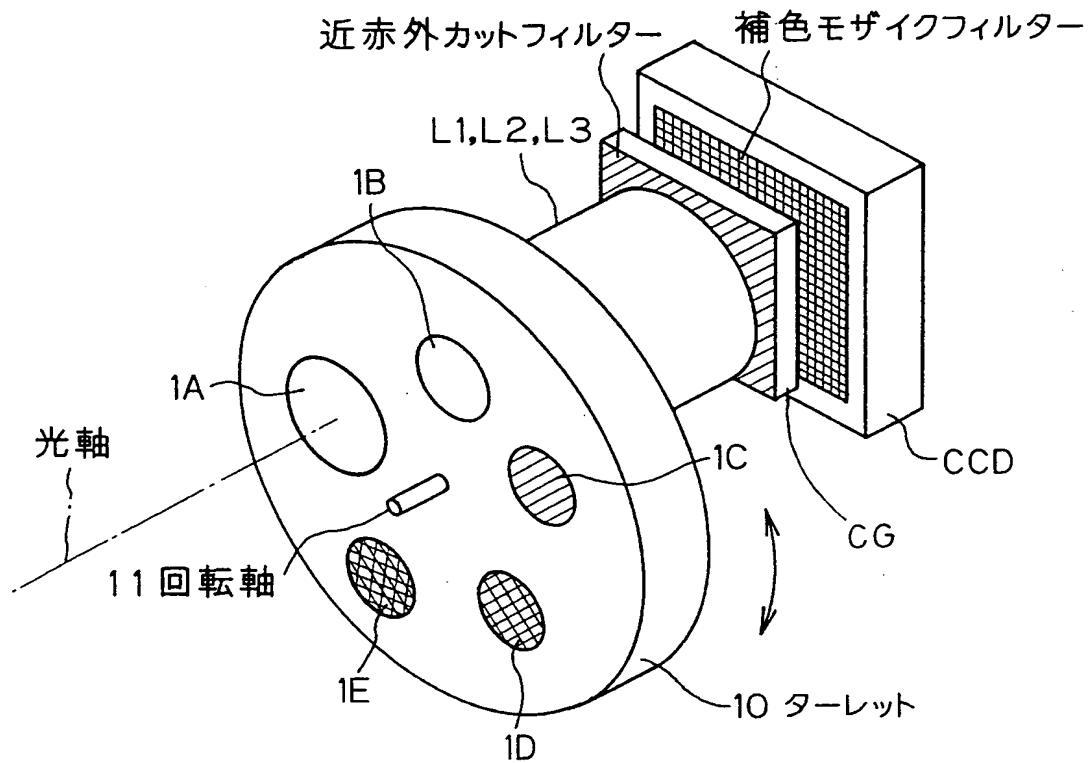
【図 17】



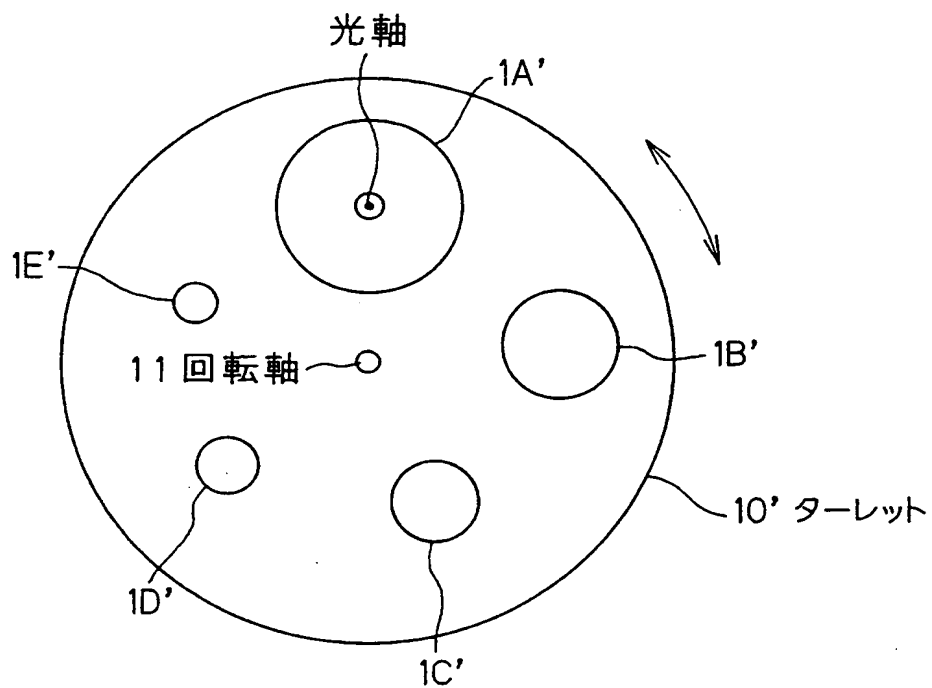
【図 18】



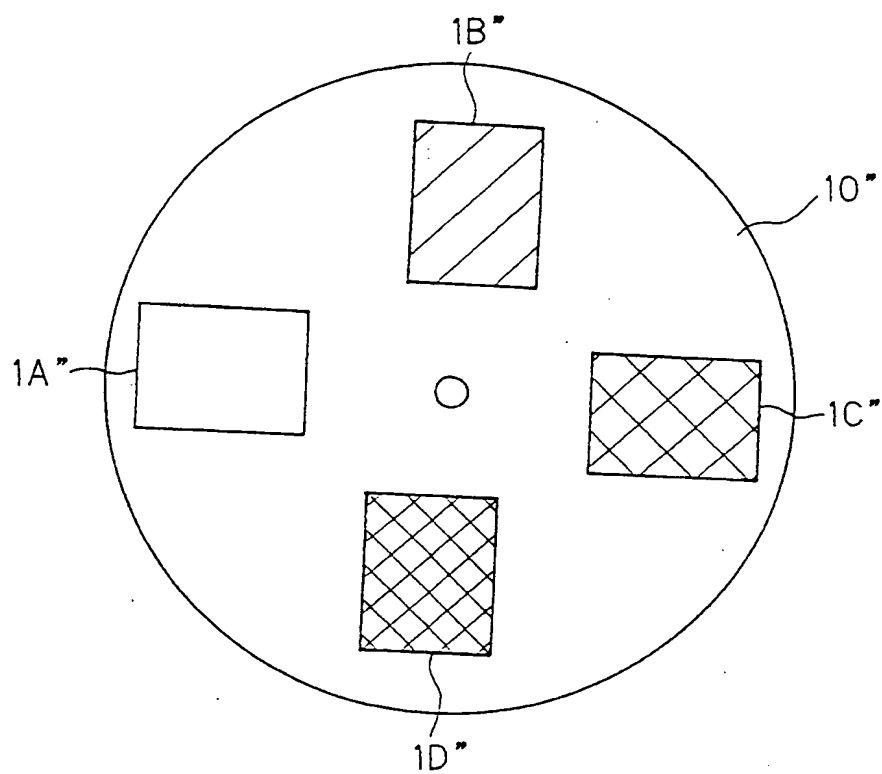
【図 19】



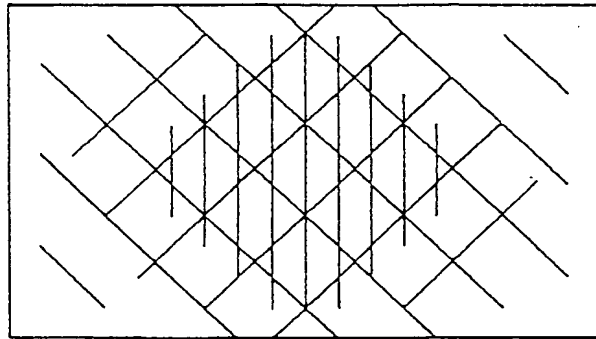
【図 20】



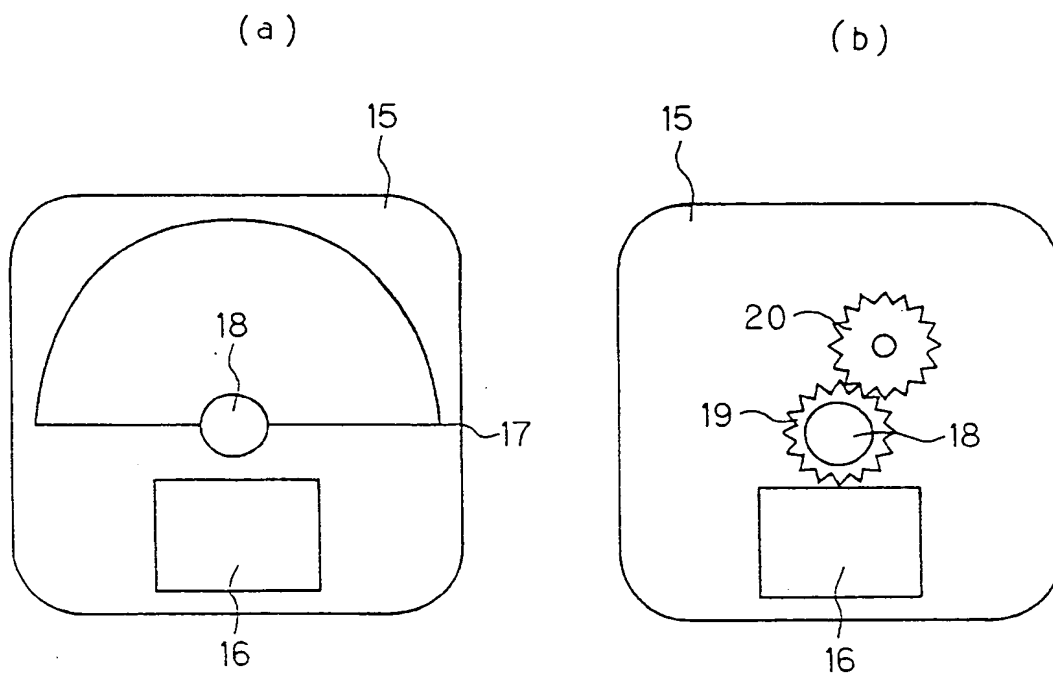
【図 21】



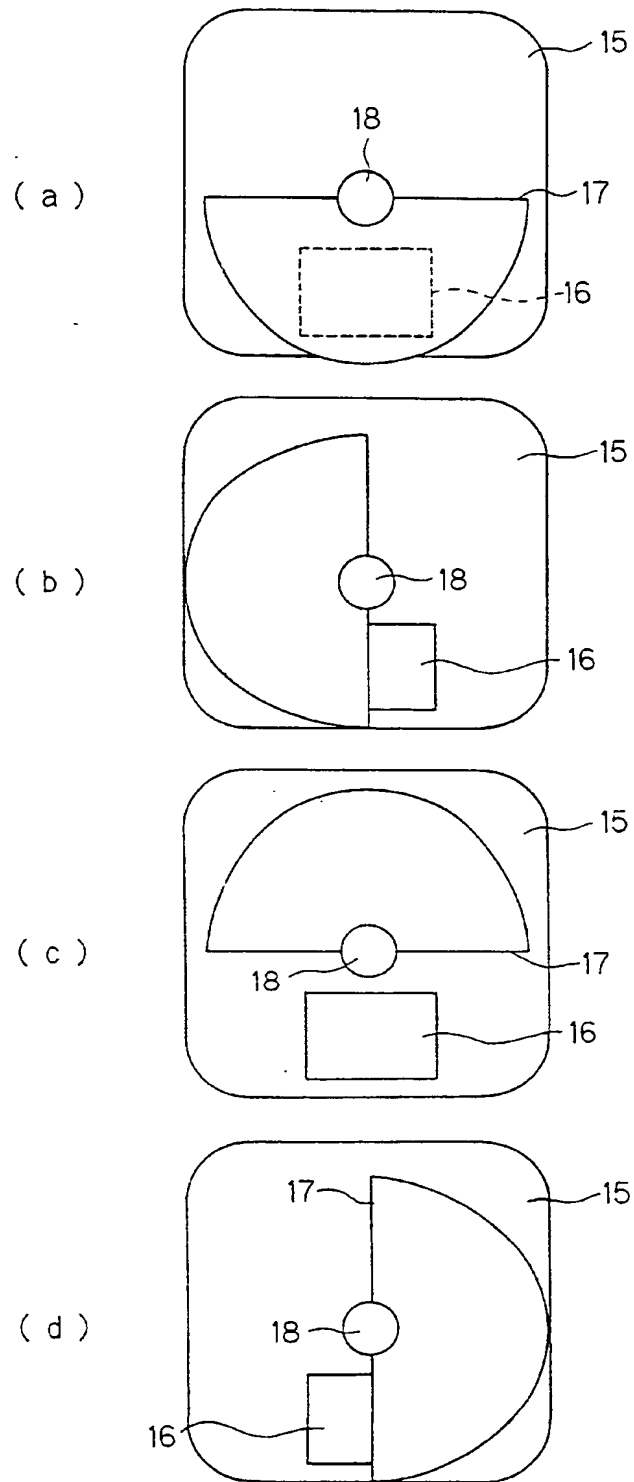
【図 22】



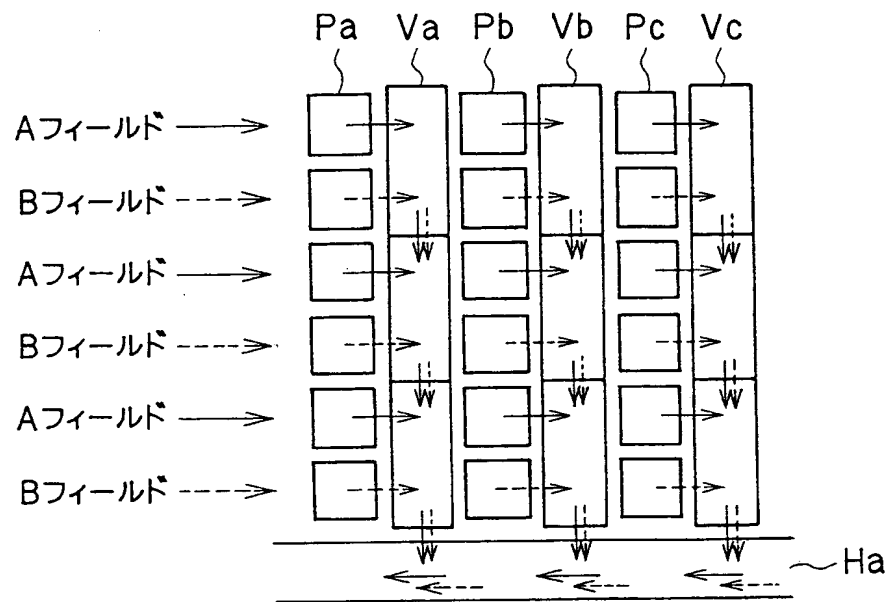
【図 23】



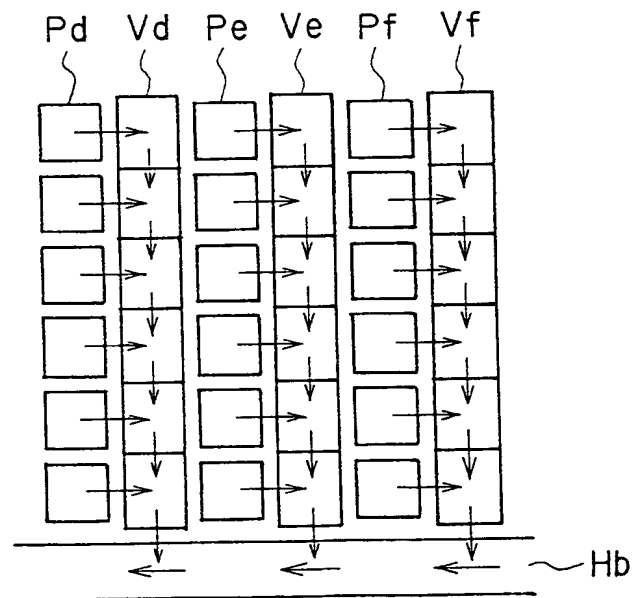
【図 24】



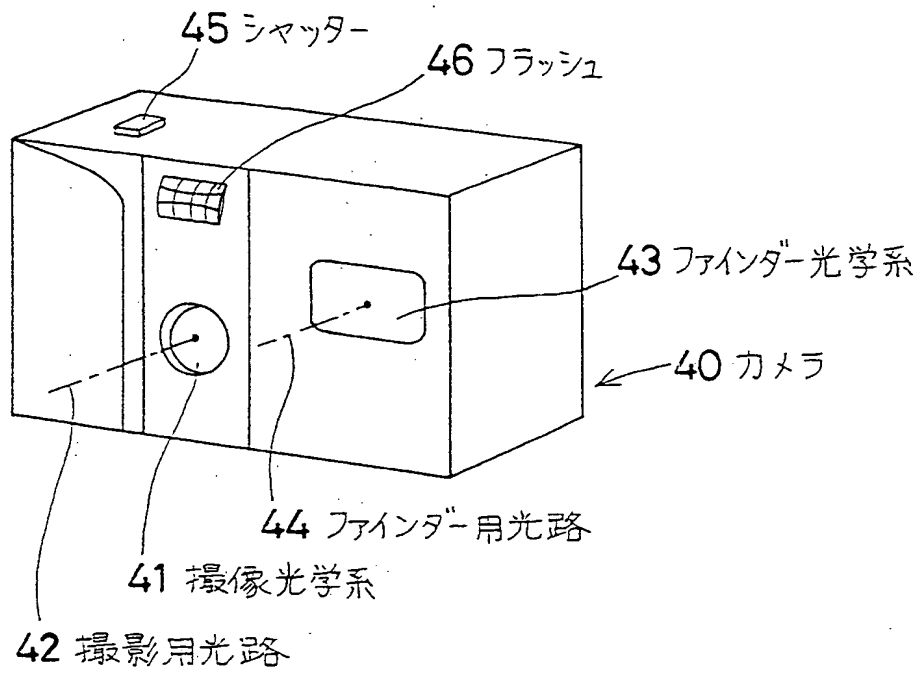
【図 25】



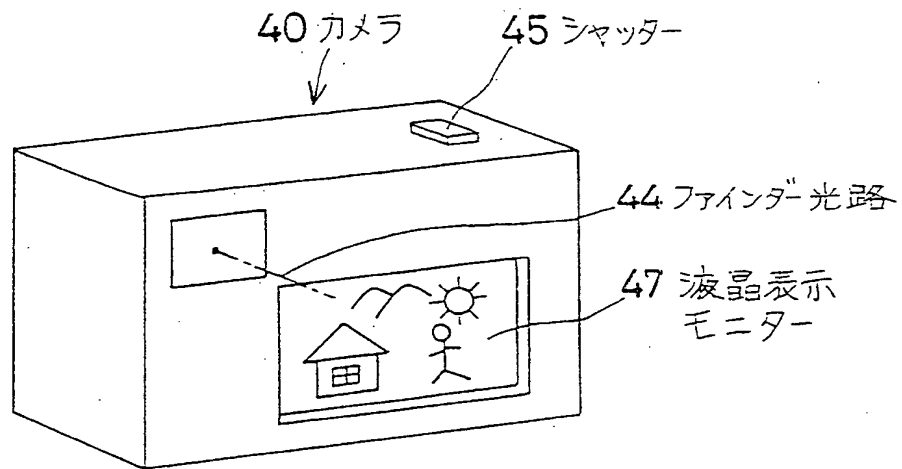
【図 26】



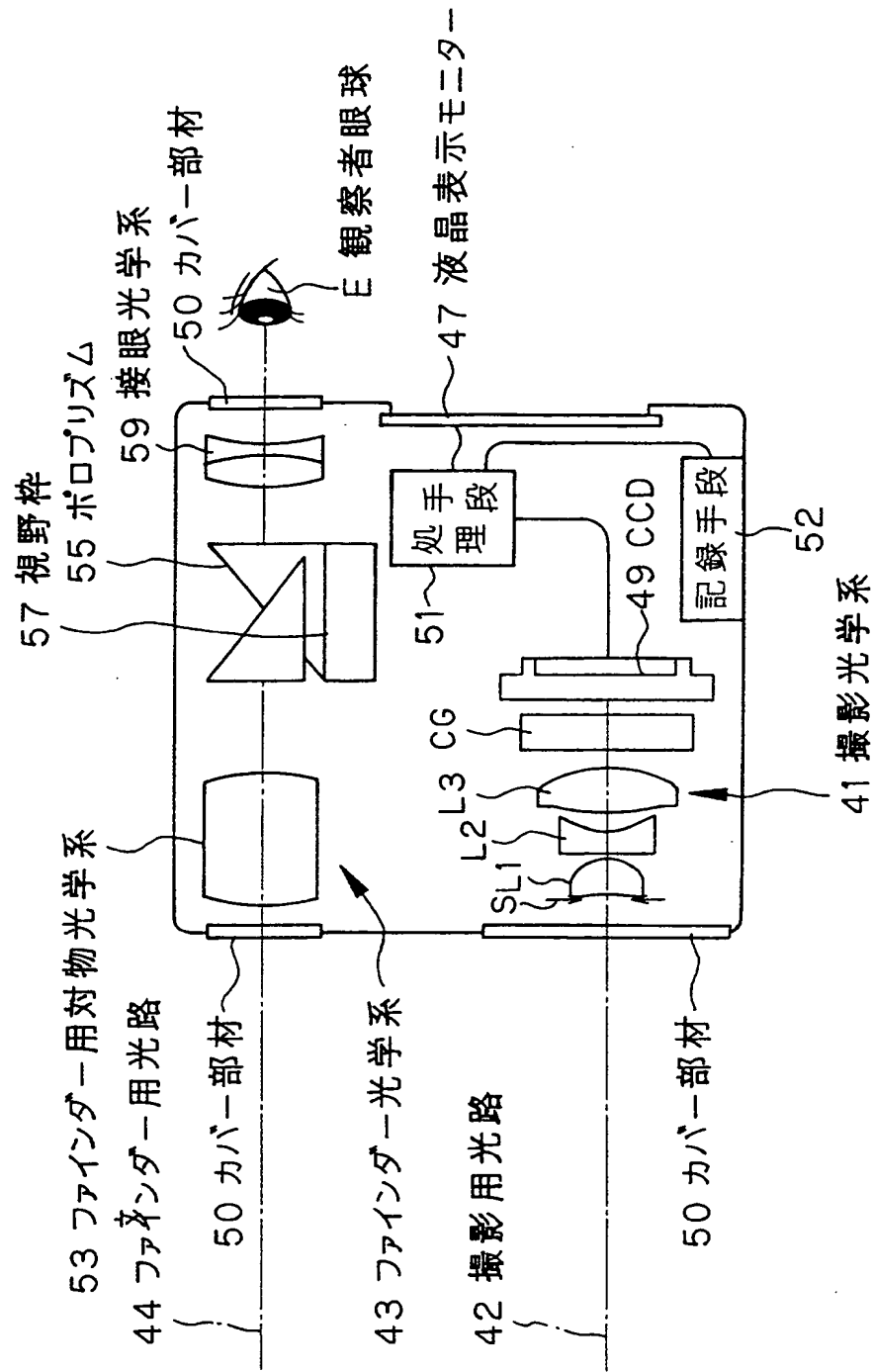
【図 27】



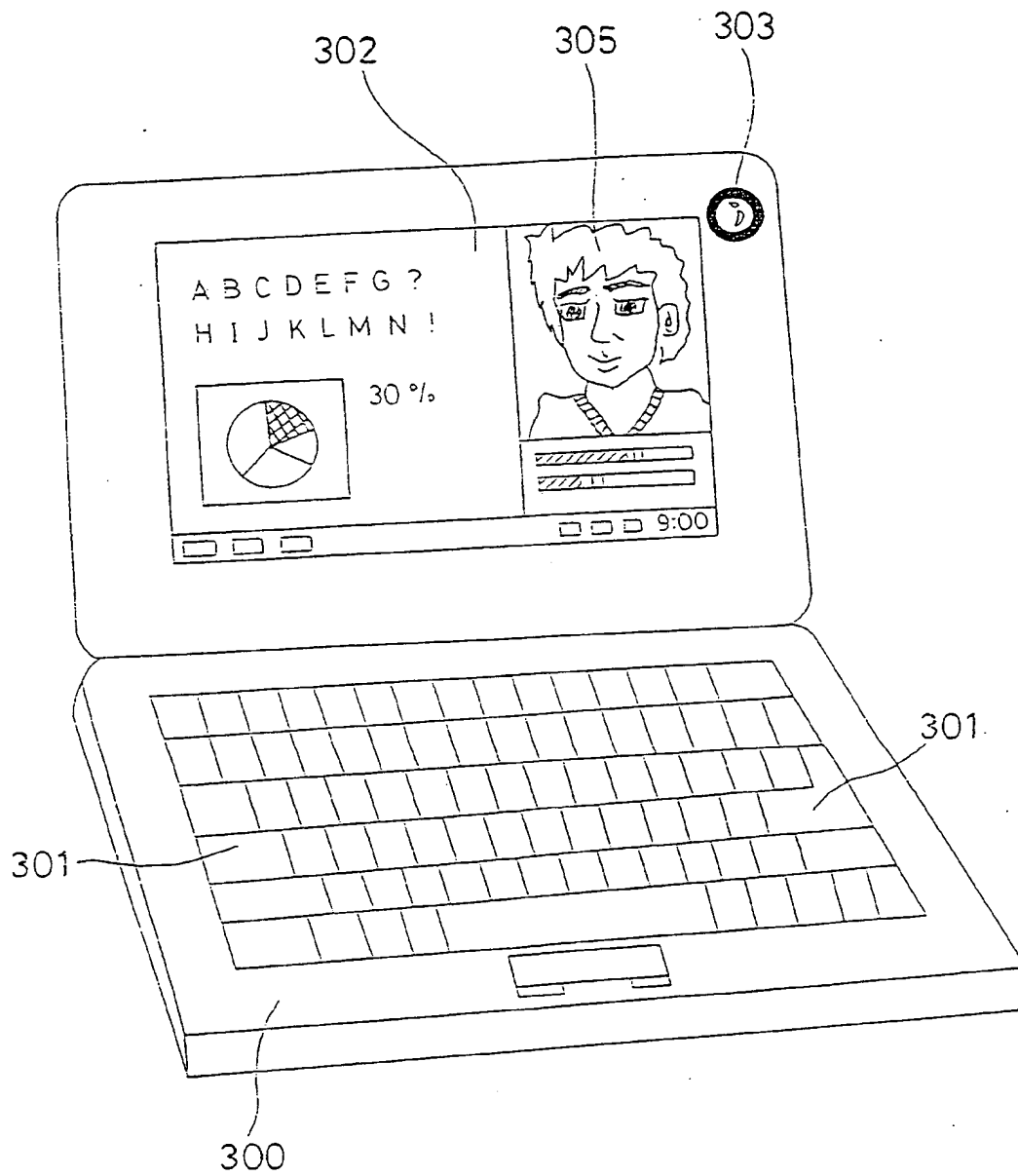
【図 28】



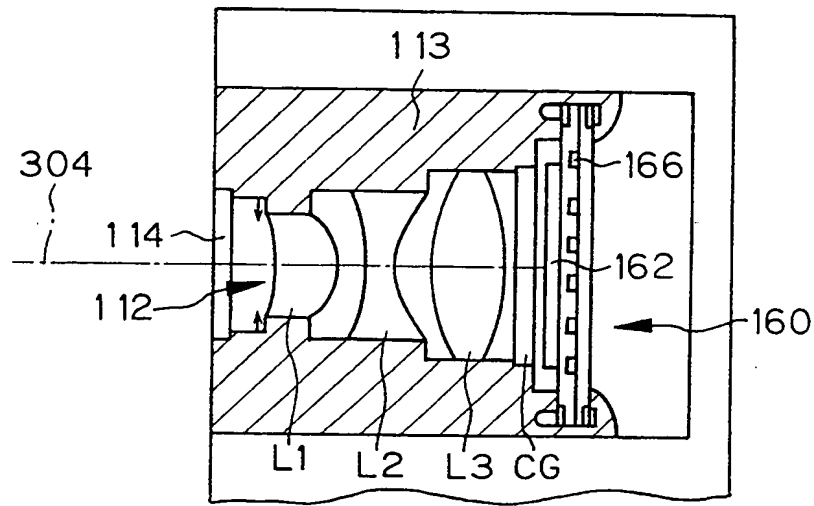
【図 29】



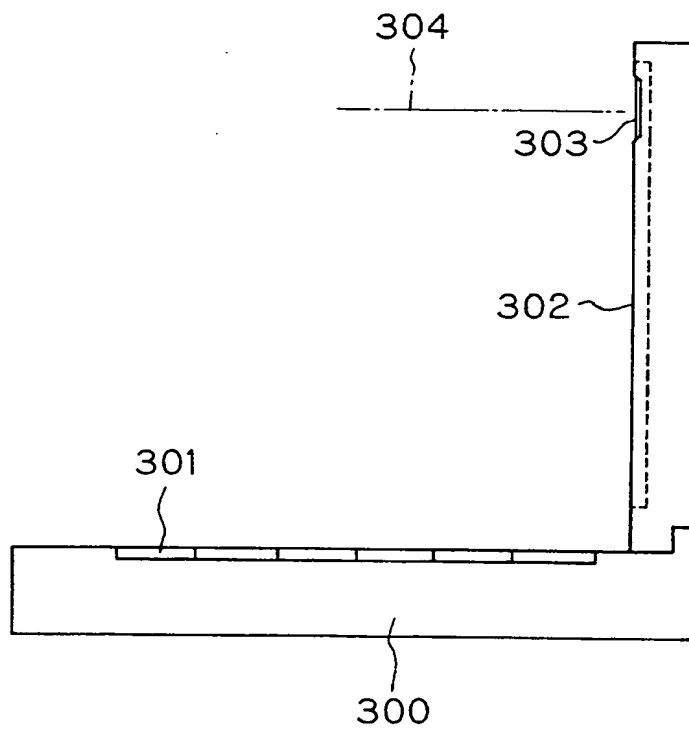
【図 30】



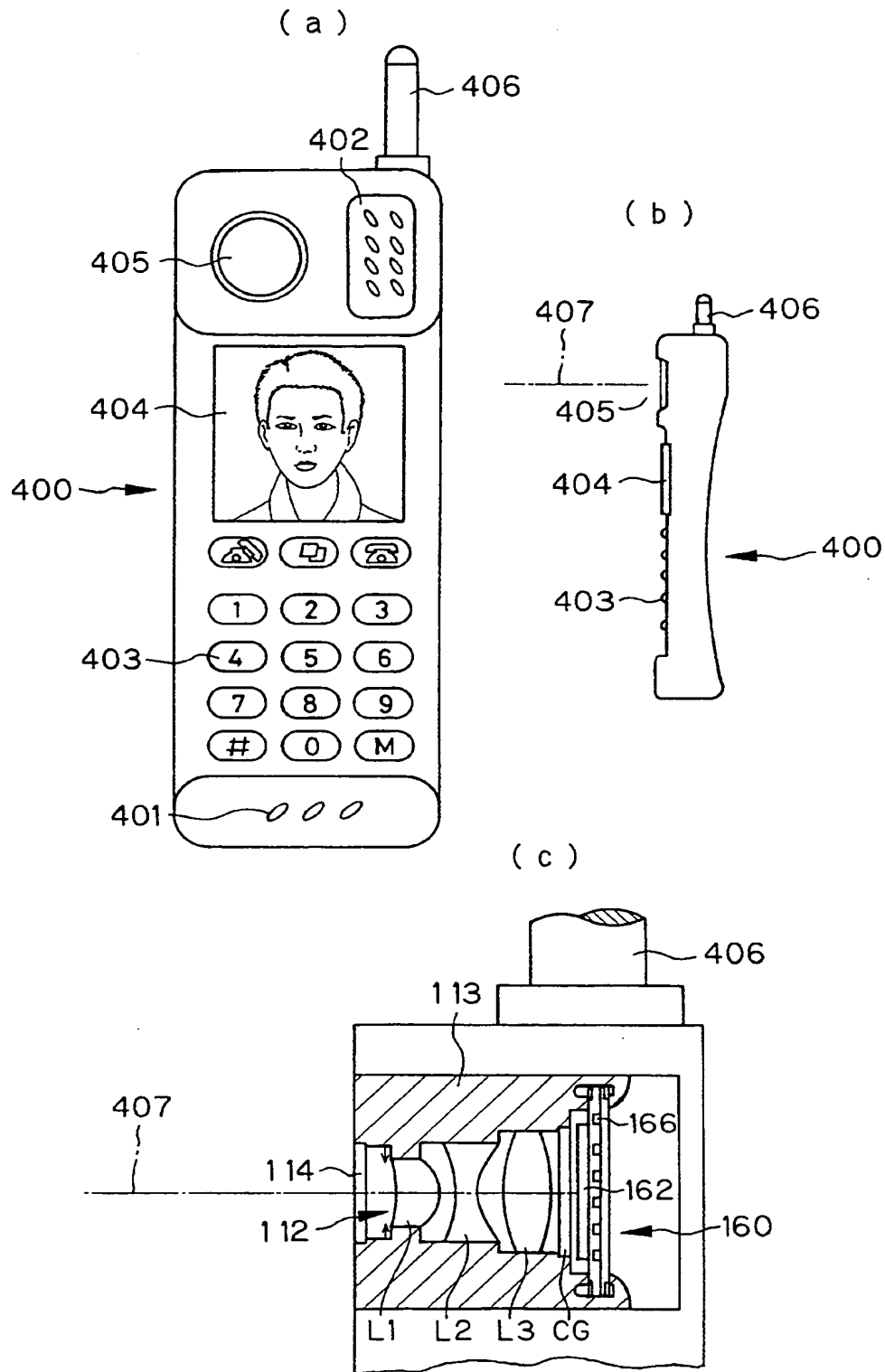
【図 3 1】



【図 3 2】



【図 33】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高性能化と小型化を同時に満たす結像光学系及びそれを用いた撮像装置。

【解決手段】 物体側から順に、明るさ絞り S、像側に凸面を向けた第 1 正メニスカスレンズ L 1、第 2 負レンズ L 2、第 3 正レンズ L 3 の順に配置され、次の条件式を満たす結像光学系。

$$0.1 < f_1 / f < 0.55 \quad \dots (1)$$

ただし、 f_1 は第 1 正レンズ L 1 の焦点距離、 f は全系の焦点距離である。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 3 9 4 8 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 0 3 7 6]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 0 日
 [変更理由] 新規登録
 住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号
 氏 名 オリンパス光学工業株式会社
2. 変更年月日 2 0 0 3 年 1 0 月 1 日
 [変更理由] 名称変更
 住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号
 氏 名 オリンパス株式会社